

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

РСТ

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
Международное бюро

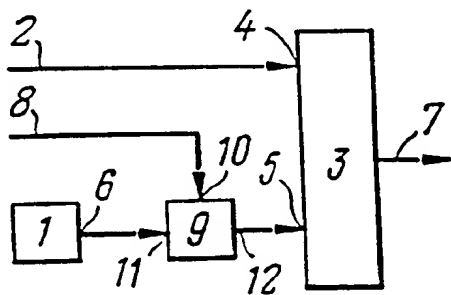


МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ  
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(51) Международная классификация изобретения <sup>5</sup> : B64C 13/00	A1	(11) Номер международной публикации: WO 94/08847 (43) Дата международной публикации: 28 апреля 1994 (28.04.94)						
<p>(21) Номер международной заявки: PCT/RU93/00238</p> <p>(22) Дата международной подачи: 19 октября 1993 (19.10.93)</p> <p>(30) Данные о приоритете:</p> <table border="0"> <tr> <td>92001247/24</td> <td>20 октября 1992 (20.10.92)</td> <td>RU</td> </tr> <tr> <td>93042890</td> <td>27 августа 1993 (27.08.93)</td> <td>RU</td> </tr> </table> <p>(71)(72) Заявители и изобретатели: МАКЕЕВ Виталий Егорович [RU/RU]; Красногорск 143400, Московская обл., ул. Братьев Горожанкиных, д. 8, кв. 5 (RU) [МАКЕЕВ, Vitaly Egorovich, Krasnogorsk (RU)]. КУЗИЧКИН Владимир Филиппович [RU/RU]; Красногорск 143000, Московская обл., ул. Ленина, д. 63, кв. 120 (RU) [KUZICHKIN, Vladimir Filippovich, Krasnogorsk (RU)]. ДИВЦОВ Василий Алексеевич [RU/RU]; Москва 103031, Варсановьевский пер., д. 6, кв. 19 (RU) [DIVTSOV, Vasily Alexeevich, Moscow (RU)].</p>		92001247/24	20 октября 1992 (20.10.92)	RU	93042890	27 августа 1993 (27.08.93)	RU	<p>(74) Агент: -СОЮЗПАТЕНТ-; Москва 103735, ул. Ильинка, д. 5/2 (RU) [-SOJUZPATENT-, Moscow (RU)].</p> <p>(81) Указанные государства: CA, JP, KR, US, европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)</p> <p>Опубликована Сотчетом о международном поиске.</p>
92001247/24	20 октября 1992 (20.10.92)	RU						
93042890	27 августа 1993 (27.08.93)	RU						

(54) Title: METHOD OF STABILIZING A RADIO-CONTROLLED AIRCRAFT AND DEVICE THEREFOR

(54) Название изобретения: СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ РАДИОУПРАВЛЯЕМОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ



(57) Abstract

A method of controlling and stabilizing the attitude of a radio-controlled aircraft uses a control signal (2) and an aircraft attitude signal (6), an aircraft control signal (7) being generated as the sum of the control signal (2) and the attitude signal (6). On obtaining the stabilization mode control signal (8), the effect of the aircraft attitude sensor (1) signal (6) is regulated. To improve aircraft stability, frequency correction of the attitude signal (6) is implemented. The device used in said method of controlling and stabilizing the attitude of a radio-controlled aircraft comprises an aircraft attitude sensor (1), an attenuator (9) having a controlled input (10) for the stabilization mode control signal (8), and an adder (3) with a signal input (5) and a control input (4) for the control signal (2). Frequency correction of the aircraft attitude signal (1) is effected using differentiating (113, 114) and/or integrating (115) components.

Способ управления и стабилизации положения радиоуправляемого летательного аппарата (РЛА) заключается в том, что принимают сигнал (2) управления, формируют сигнал (6) углового положения РЛА и формируют сигнал (7) управления РЛА как сумму сигналов (2) управления и углового (6) положения РЛА, а при получении сигнала (8) управления режимом стабилизации регулируют степень воздействия сигнала (6) датчика (1) углового положения РЛА. Для улучшения устойчивости РЛА производят частотную коррекцию сигнала (6) углового положения РЛА.

Устройство для осуществления способа управления и стабилизации положения радиоуправляемого летательного аппарата (РЛА) содержит датчик (1) углового положения РЛА, аттенюатор (9), имеющий управляемый вход (10) сигнала (8) управления режимом стабилизации, и суммирующее устройство (3) с сигнальным входом (5) и управляющим входом (4) сигнала (2) управления. Частотную коррекцию сигнала (1) углового положения РЛА осуществляют с использованием дифференцирующих (113, 114) и/или интегрирующего (115) звеньев.

### ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KR	Корейская Народно-Демократическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Малагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ РАДИО-  
УПРАВЛЯЕМОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И  
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

5

Область техники

Изобретение относится к области авиации, к радиоуправляемым моделям летательных аппаратов, а более точно, к способу стабилизации положения радиоуправляемого летательного аппарата и устройству для его осуществления.

Предшествующий уровень техники

Известны способы и устройства управления и стабилизации текущего положения радиоуправляемого летательного аппарата, который далее по тексту сокращенно назван РЛА, включающие прием электрического сигнала текущего положения РЛА, например, от гироскопа, подачу этого сигнала на устройство управления, выработку сигнала управления исполнительными рулевыми устройствами и подачу сигнала управления на указанные рулевые устройства (см., например, каталог "Katalog 92/93" фирмы *Samaga Modellbau*, ФРГ, 1991г., стр.30).

Такие способы и устройства предусматривают стабилизацию текущего положения РЛА, а именно, ограничивают скорость неуправляемого изменения текущего положения. Эти способы и устройства обладают следующим недостатком: если РЛА внешним воздействием или командой оператора переведен в положение, при котором оператор не в состоянии управлять РЛА (оператор потерял ориентировку или контроль за РЛА), то используемые способы и устройства управления и стабилизации будут обеспечивать стабилизацию нового, возникшего случайно положения РЛА, и это может привести к потере РЛА или его аварии. При этих гироскопических способе и устройстве управления и стабилизации конечная чувствительность устройства по скорости изменения положения РЛА приводит к накоплению ошибки по положению РЛА,

- 2 -

что требует постоянного контроля со стороны оператора за положением РЛА.

5 Ближайшим аналогом является способ и устройство управления и стабилизации положения РЛА с использованием датчика, чувствительного к электростатическому полю в земной атмосфере (см., например, патент США № 3 868 074, НКИ 244/77R (244/I77), заявлен 27.10.72г., автор M. L. Hill).

10 При этом положение РЛА относительно горизонта определяется датчиком, который имеет следующий принцип действия. Электростатическое поле в земной атмосфере изменяется с изменением высоты, поэтому при наклоне РЛА  
15 относительно горизонта отдельные части РЛА, например, крылья находятся на разной высоте, и различные потенциалы электростатического поля фиксируются датчиком, имеющим пластины, содержащие слои радиоактивного материала для ионизации воздуха.

20 Сигналы от двух пластин, разнесенных на определенное расстояние по РЛА, подают на дифференциальный усилитель, а усиленный сигнал подают на исполнительное рулевое устройство.

25 Получение сигнала положения РЛА относительно горизонта, его усиление и подача на исполнительное рулевое устройство представляют собой в прототипе способ стабилизации углового положения относительно горизонта, осуществляемый в канале стабилизации устройством стабилизации, включающим датчик и усилитель.

30 Обычно в авиамоделизме оператор производит управление положением РЛА, посылая управляющие сигналы с помощью пульта с передатчиком, находящимся на Земле в руках у оператора. Сигналы принимаются приемником, находящимся на РЛА. Эти сигналы обычно представляют собой пакеты высокочастотных колебаний, причем длительность пакета несет информацию о требуемом положении РЛА относительно горизонта. В приемнике на РЛА сигналы демодулируются и далее поступают на исполнительное рулевое устрой-

- 3 -

5       ство в виде импульсов напряжения, длительность которых несет информацию о команде управления. Канал, по которому проходят сигналы управления на РЛА, называется в этой заявке каналом управления.

10       Пусть при поступлении сигнала управления, соответствующего горизонтальному полету, РЛА летит горизонтально. При этом сигнал датчика равен нулю. В случае отклонения РЛА от заданного положения, например, под воздействием ветра немедленно появляется сигнал от датчика, пропорциональный углу отклонения РЛА относительно горизонта, и этот сигнал воздействует на исполнительное рулевое устройство РЛА так, чтобы вернуть его в горизонтальное положение. Точно также сигнал от датчика постоянно  
15       заставляет вернуться РЛА в то положение, которое соответствует подаваемому в это время сигналу управления и которое РЛА занимал до воздействия, например, порыва ветра.

20       В данной заявке предполагается, что датчик сигналов положения РЛА может быть выполнен по-разному. Но предпочтительно, чтобы датчик был выполнен оптическим и содержал фотоэлементы или фоторезисторы, светочувствительные поверхности которых направлены в противоположные стороны горизонта.

25       Обычно на РЛА имеются два одинаковых устройства управления и стабилизации положения РЛА относительно горизонта - по крену и по тангажу. В заявке описано одно такое устройство.

      Указанные способ и устройство имеют следующие недостатки.

30       .       Не предусмотрено регулирование оператором величины сигнала, поступающего с датчика, что не позволяет оператору плавно изменять степень воздействия сигнала от датчика на положение РЛА, т.е. плавно изменять режим стабилизации в зависимости от квалификации оператора, от  
35       поставленной перед оператором задачи и в зависимости от погодных условий.

      Например, для начинающего оператора желательно

5       максимально обеспечить безопасность полета модели и на  
положение РЛА должен воздействовать полный сигнал датчи-  
ка. Для опытного оператора сигнал, поступающий от датчи-  
ка, может быть уменьшен, чтобы оператор мог в полной мере  
продемонстрировать свое искусство управления авиамodelью  
в ходе соревнований. При неблагоприятной погоде степень  
воздействия датчика может быть увеличена.

10       В устройстве не осуществляется электрическое сум-  
мирование сигнала управления, поступающего от пульта опе-  
ратора, и сигнала от датчика, что, как можно предполо-  
жить, обуславливает применение двух исполнительных руле-  
15       вых устройств на РЛА, отдельно для управления РЛА от опе-  
ратора и для воздействия на положение РЛА сигнала датчи-  
ка. Такое решение может привести к усложнению конструкции  
РЛА и увеличению его веса, габаритов, стоимости и энерго-  
потребителя и уменьшению надежности. Эти же характери-  
20       стики зависят от того, насколько удачно выбраны способ и ус-  
тройство для суммирования указанных сигналов.

      В прототипе в канале стабилизации иногда не может  
быть использован большой коэффициент усиления, необходи-  
мый для обеспечения точности стабилизации положения РЛА и  
уменьшения времени, требуемого для вывода РЛА из аварий-  
25       ного положения при потере оператором ориентировки. Боль-  
шой коэффициент усиления может приводить к потере устой-  
чивости РЛА, т.к. цепь стабилизации является замкнутой.

      Другим недостатком является трудность обеспечения  
стабилизации положения РЛА в случае его малой аэродина-  
30       мической устойчивости, обусловленной конструкцией РЛА.  
Вследствие замкнутости цепи стабилизации может возникну-  
ть генерация.

      Устройство имеет невысокую точность отслеживания  
заданного положения РЛА при его статическом полете, т.е  
35       когда не поступают от оператора сигналы управления для  
изменения положения РЛА.

      Невозможно уменьшить воздействие высокочастотных  
помех в канале стабилизации из-за работы двигателя и



- 5 -

5 турбулентности воздушного потока, что может привести к неустойчивости полета РЛА. Также невозможно уменьшить  
10 воздействие изменений характеристик устройства управления при изменении внешних условий и разбросе параметров элементов. Отсутствует гибкость и оперативность настройки  
15 устройства управления РЛА под летательный аппарат конкретного типа, под конкретные погодные, географические и рабочие условия, под конкретного оператора.

В некоторых случаях управление двигателем авиамодели осуществляется по отдельному каналу (никак не связанному с другими каналами управления) и не может быть  
20 использовано для автоматического управления авиамodelью, например, в аварийных ситуациях.

#### Раскрытие изобретения

20 В предлагаемом изобретении поставлена и решена следующая техническая задача.

Обеспечена возможность регулирования степени воздействия сигнала датчика положения РЛА относительно горизонта на положение РЛА в полете. Причем предусмотрена как установка степени воздействия указанного сигнала на  
25 Земле перед полетом, так и изменение степени воздействия указанного сигнала в ходе полета авиамодели с помощью специального сигнала управления режимом стабилизации, т.е. сигнала управления степенью воздействия сигнала датчика положения РЛА. Сигнал управления режимом стабилизации может подаваться с Земли с пульта управления  
30 оператора или формироваться на самой авиамодели по специальной программе, причем изменение степени воздействия датчика может производиться как ступенчато с течением времени, так и плавно по определенному закону, заданному  
35 в программе. Например, в случае резкого и случайного изменения положения авиамодели относительно горизонта степень воздействия сигнала датчика может быть скачкообразно увеличена, чтобы быстрее компенсировать случайное

изменение положения РЛА.

5 В предлагаемом изобретении решена задача уменьшения веса, габаритов, стоимости и энергопотребления устройства управления и стабилизации, отличающегося выполнением суммирования электрического сигнала управления по-  
10 ложением РЛА, поступающего в виде, например, прямоугольного импульса с изменяемой длительностью, и электрического сигнала положения РЛА относительно горизонта, поступающего в виде напряжения, изменяющегося по величине в зависимости от положения РЛА. Предложенные варианты имеют различную сложность, и соответственно, различные функциональные свойства, вес, габариты, стоимость и энергопотребление.

15 Решена также задача повышения точности стабилизации углового положения РЛА относительно горизонта и скорости приведения РЛА в заданное положение при обеспечении достаточной устойчивости РЛА путем повышения коэффициента передачи в канале стабилизации и введения цепей частотной коррекции в канал стабилизации для повышения устойчивости канала стабилизации при увеличенных значениях коэффициента передачи, а также путем обеспечения стабилизации РЛА при его малой аэродинамической устойчивости, когда нужны более быстрые и большие по величине сигналы для стабилизации положения РЛА.

Обеспечено увеличение точности отслеживания заданного подложения РЛА при статическом полете, т.е. при полете с неизменяющимися сигналами управления.

30 Обеспечено подавление высокочастотных помех в канале стабилизации положения РЛА, появляющихся из-за работы двигателя и турбулентности воздушного потока, а также помех, проникающих в канал стабилизации из цепей питания при работе исполнительных рулевых устройств.

35 Обеспечена гибкость настройки устройства управления и стабилизации углового положения РЛА для работы с РЛА конкретного типа и в конкретных погодных, географических, временных и рабочих условиях.

Обработка сигналов управления двигателем авиамодели совместно с обработкой других сигналов управления авиамоделью в одном обрабатывающем устройстве позволяет по результатам контроля параметров всех сигналов и команд управления и стабилизации переходить на автоматическое выполнение аварийной программы полета или посадки.

Поставленная задача решается тем, что в способе стабилизации положения радиоуправляемого летательного аппарата заключающемся в том, что принимают электрический сигнал управления РЛА, формируют электрический сигнал углового положения РЛА относительно горизонта с помощью датчика с чувствительными элементами, причем импульс сигнала управления РЛА несет информацию о команде управления, а величина напряжения сигнала углового положения РЛА относительно горизонта несет информацию об отклонении РЛА от горизонтального положения РЛА, а затем суммируют электрически сигнал управления РЛА и сигнал углового положения РЛА относительно горизонта, причем суммированный сигнал выдают в качестве нового сигнала управления РЛА, согласно изобретению, получают сигнал управления режимом стабилизации, определяющий степень воздействия сигнала углового положения РЛА относительно горизонта на рулевые устройства РЛА, изменяют пропорционально сигналу управления режимом стабилизации сигнал углового положения РЛА относительно горизонта перед суммированием его с сигналом управления РЛА.

Эта совокупность признаков позволяет управлять режимом стабилизации положения РЛА.

Целесообразно, чтобы сигнал управления режимом стабилизации получали в виде импульса напряжения определенной длительности, величина которой пропорциональна степени воздействия сигнала углового положения РЛА относительно горизонта на положение РЛА, преобразовывали импульс сигнала управления режимом стабилизации в напряжение постоянной величины, пропорциональное указанной длительности импульса, и умножали указанное напряжение пос-

тоянной величины на напряжение сигнала углового положения РЛА относительно горизонта.

5 Эти признаки характеризуют изобретение при использовании сигналов управления в виде импульсов изменяющейся длительности для обеспечения управления режимом стабилизации.

10 Полезно, чтобы принимали электрический сигнал управления РЛА, формировали электрический сигнал углового положения РЛА, относительно горизонта с помощью датчика с чувствительными элементами, причем импульс сигнала управления РЛА несет информацию о команде управления, а ве-  
15 личина напряжения сигнала углового положения РЛА относительно горизонта несет информацию об отклонении РЛА от горизонтального положения РЛА, а затем суммировали электрически сигнал управления РЛА и сигнал углового положения РЛА относительно горизонта, причем суммированный сигнал выдавали в качестве нового сигнала управления РЛА,  
20 согласно изобретению, для указанного суммирования преобразуют импульс сигнала управления РЛА в напряжение постоянной величины, пропорциональной длительности импульса сигнала управления РЛА, несущей информацию о команде управления РЛА, электрическое суммирование сигналов осуществляют путем сложения величины напряжения, пропорциональной длительности сигнала управления РЛА, и величины  
25 напряжения сигнала углового положения РЛА относительно горизонта, а результирующее напряжение после суммирования преобразуют в результирующий импульс, длительность которого пропорциональна величине указанного результирующего напряжения.  
30

Эта совокупность существенных признаков характеризует изобретение с точки зрения суммирования сигналов, что обеспечивает достаточно экономичное решение.

35 Целесообразно, чтобы принимали прямоугольный электрический сигнал управления РЛА, формировали электрический сигнал углового положения РЛА относительно горизонта с помощью датчика с чувствительными элементами, при-

чем длительность импульса сигнала управления РЛА несет  
информацию о команде управления, а величина напряжения  
5 сигнала углового положения РЛА относительно горизонта  
несет информацию об отклонении РЛА от горизонтального  
положения РЛА, а затем суммировали электрически сигнал  
управления РЛА и сигнал углового положения РЛА относите-  
10 лью горизонта, причем суммированный сигнал выдавали в  
качестве нового сигнала управления РЛА, согласно изобре-  
тению, для электрического суммирования указанных сигна-  
лов интегрируют поступающий прямоугольный импульс сигнала  
управления РЛА, длительность которого соответствует  
15 команде управления РЛА, сравнивают напряжение, возникаю-  
щее в ходе и после интегрирования, с напряжением сигнала  
датчика, формируют передний фронт выходного импульса, ко-  
гда нарастающее в ходе интегрирования напряжение дости-  
гает уровня напряжения сигнала датчика, и формируют зад-  
ний фронт выходного импульса, когда спадающее напряжение  
20 после интегрирования снижается до уровня напряжения сигнала  
углового положения РЛА относительно горизонта.

Эта совокупность существенных признаков относится  
к варианту изобретения с особым выполнением суммирования,  
что позволяет значительно уменьшить вес, габариты, стои-  
25 мость и энергопотребление.

Целесообразно также, чтобы принимали электрический  
сигнал управления РЛА, формировали электрический сигнал  
углового положения РЛА относительно горизонта с помощью  
датчика с чувствительными элементами, причем импульс си-  
30 гнала управления РЛА несет информацию о команде управле-  
ния, а величина напряжения сигнала углового положения РЛА  
относительно горизонта несет информацию об отклонении РЛА  
от горизонтального положения РЛА, а затем суммировали  
электрически сигнал управления РЛА и сигнал углового по-  
35 ложения РЛА относительно горизонта, причем суммированный  
сигнал выдавали в качестве нового сигнала управления РЛА,  
согласно изобретению, производят частотную коррекцию сиг-  
нала углового положения РЛА относительно горизонта перед

- 10 -

суммированием.

5 Эта совокупность существенных признаков обеспечи-  
вает точность стабилизации, уменьшение времени, требуемо-  
го для вывода РЛА от аварийного положения, обеспечение  
стабилизации в случае малой аэродинамической устойчивос-  
ти РЛА, высокую точность отслеживания заданного положения  
РЛА, противодействие высокочастотным помехам.

10 Поставленная задача решается также тем, что в ус-  
тройстве стабилизации положения радиуправляемого лета-  
тельного аппарата, содержащего датчик углового положения  
летательного аппарата относительно горизонта с активным  
15 или пассивным чувствительным элементом, вход сигналов уп-  
равления РЛА, электронное суммирующее устройство с управ-  
ляющим и сигнальным входами, причем вход сигналов управ-  
ления РЛА подсоединен к управляющему входу указанного  
суммирующего устройства, выход датчика углового положения  
20 РЛА относительно горизонта подсоединен к сигнальному вхо-  
ду указанного суммирующего устройства, а выход суммирую-  
щего устройства является выходом устройства управления и  
стабилизации положения РЛА, согласно изобретению, устрой-  
ство содержит вход сигнала управления режимом стабилиза-  
25 ции положения РЛА и аттенюатор с управляющим и сигнальным  
входами, причем вход сигнала управления режимом стабили-  
зации подключен к управляющему входу аттенюатора, атте-  
нюатор включен между датчиком и суммирующим устройством  
так, что выход датчика подключен к сигнальному входу ат-  
тенюатора, а выход аттенюатора подключен к сигнальному  
30 входу суммирующего устройства.

Эта совокупность признаков позволяет управлять  
режимом стабилизации положения РЛА.

35 Целесообразно, чтобы устройство стабилизации со-  
держало преобразователь сигнала управления режимом стаби-  
лизации в напряжение, включенный между входом сигнала  
управления режимом стабилизации и управляющим входом ат-  
тенюатора, а в качестве аттенюатора использовался анало-  
говый множитель.

## - II -

Дополнительные признаки характеризуют один из конкретных вариантов выполнения узла для управления режимом стабилизации.

Полезно, чтобы устройство стабилизации содержало узел установки режима стабилизации, выход которого подключен ко входу сигнала управления режимом стабилизации.

Введение этого признака позволяет устанавливать режим стабилизации перед полетом на Земле, учитывая все конкретные условия полета, т.е. обеспечивает новую функцию устройства.

Полезно, чтобы устройство стабилизации положения РЛА содержало датчик углового положения РЛА относительно горизонта с пассивным чувствительным элементом, вход сигналов управления РЛА, электронное суммирующее устройство с управляющим и сигнальным входами, причем вход сигналов управления РЛА был подсоединен к управляющему входу указанного суммирующего устройства, выход датчика углового положения РЛА относительно горизонта подсоединен к сигнальному входу указанного суммирующего устройства, а выход суммирующего устройства является выходом устройства управления и стабилизации положения РЛА, согласно изобретению, оно содержало вход сигнала управления режимом стабилизации положения РЛА, преобразователь сигнала управления режимом стабилизации в напряжение, величина которого соответствует заданному режиму, причем вход сигнала управления режимом стабилизации был подключен ко входу указанного преобразователя, выход указанного преобразователя подключен ко входам питания пассивного чувствительного элемента датчика.

Эта совокупность существенных признаков характеризует вариант выполнения изобретения в части схемы управления режимом стабилизации.

Целесообразно, чтобы в устройстве стабилизации положения РЛА в приземном слое атмосферы, содержащем датчик углового положения РЛА относительно горизонта с чувствительным элементом, вход сигнала управления РЛА, электрон-

- 12 -

ное суммирующее устройство с управляющим и сигнальным входами, причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к управляющему входу указанного суммирующего устройства, выход датчика углового положения РЛА относительно горизонта подсоединен к сигнальному входу указанного суммирующего устройства, а выход суммирующего устройства является выходом устройства управления и стабилизации положения РЛА, согласно изобретению, имелся вход сигнала управления режимом стабилизации положения РЛА, преобразователь сигнала управления режимом стабилизации в постоянное напряжение, величина которого соответствует режиму стабилизации, и управляемый шунтирующий элемент, имеющий управляющий вход, причем выход сигнала управления режимом стабилизации подключен ко входу указанного преобразователя, выход указанного преобразователя подключен к управляющему входу шунтирующего элемента, а шунтирующий элемент подключен к чувствительному элементу датчика.

Эта совокупность существенных признаков характеризует вариант выполнения изобретения в части схемы управления режимом стабилизации.

Полезно, чтобы в устройстве стабилизации положения РЛА, содержащем датчик углового положения РЛА относительно горизонта с чувствительным элементом, вход сигналов управления РЛА, электронное суммирующее устройство с управляющим и сигнальным входами, причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к управляющему входу указанного суммирующего устройства, выход датчика углового положения РЛА относительно горизонта подсоединен к сигнальному входу указанного суммирующего устройства, а выход суммирующего устройства является выходом устройства управления и стабилизации положения РЛА, согласно изобретению, суммирующее устройство содержало демодулятор-сумматор с управляющим и сигнальным входами и с управляющим и сигнальным выходами, устройство согласования с управляющим и сигнальным входами и модулятор с управляющим и сигнальным входами, причем выход устройства согласования подключен к сиг-



- 13 -

нальному входу демодулятора-сумматора, управляющий выход которого подключен к управляющему входу модулятора, сигнальный выход демодулятора-сумматора подключен к сигнальному входу модулятора, выход которого является выходом суммирующего устройства, а вход сигналов управления подключен к управляющим входам демодулятора-сумматора и устройства согласования, сигнальный вход которого является сигнальным входом суммирующего устройства.

Эта совокупность существенных признаков характеризует вариант выполнения изобретения в части схемы суммирования.

Целесообразно, чтобы демодулятор-сумматор содержал первый и второй инверторы, первый стабилизатор тока с входом и выходом, первый и второй ключи с управляющими входами и сигнальными входами и выходами, суммирующий конденсатор с первым и вторым выводами, дифференцирующую цепочку из конденсатора и резистора, а устройство согласования содержало усилитель с резисторной отрицательной обратной связью, сигнальным и опорным входами и первым источником опорного напряжения, диод, при этом модулятор содержал третий ключ с управляющим входом и сигнальным входом и выходом, второй стабилизатор тока со входом и выходом, усилитель-компаратор с сигнальным и опорным входами и вторым источником опорного напряжения, причем вход демодулятора-сумматора был подключен к первому инвертору, выход которого подключен ко второму инвертору и управляющему входу третьего ключа, выход второго инвертора подключен к управляющему входу первого ключа, вход первого стабилизатора тока подключен к полюсу источника питания с положительным потенциалом, выход первого стабилизатора подключен к сигнальному входу первого ключа, сигнальный выход которого подключен к первому выводу суммирующего конденсатора, дифференцирующая цепочка включена между управляющим входом демодулятора-сумматора и управляющим входом второго ключа, который через сигнальный вход и выход подсоединен параллельно суммирующему конденсатору,

- 14 -

диод подключен между управляющим входом устройства согласования и сигнальным входом усилителя с резисторной отрицательной обратной связью, к которому также через резистор подключен сигнальный вход устройства согласования, к опорному входу усилителя с резисторной отрицательной обратной связью подключен первый источник опорного напряжения, выход усилителя с резисторной отрицательной обратной связью подключен ко второму выводу суммирующего конденсатора, сигнальный вход третьего ключа подсоединен к первому выводу суммирующего конденсатора, сигнальный выход третьего ключа подсоединен ко входу второго стабилизатора тока, выход которого подключен к полюсу источника питания с нулевым потенциалом, первый вывод суммирующего конденсатора подключен к неинвертирующему входу усилителя-компаратора, инвертирующий вход которого подключен ко второму источнику опорного напряжения, а выход усилителя-компаратора является выходом суммирующего устройства.

Эта совокупность существенных признаков характеризует вариант выполнения изобретения в части схемы суммирования, которая обеспечивает уменьшение зависимости характеристик устройства от изменения окружающих условий и параметров элементов схемы.

Полезно, чтобы в устройстве стабилизации положения РЛА, содержащем датчик углового положения РЛА относительно горизонта с активным или пассивным чувствительным элементом, вход сигналов управления РЛА и электронное суммирующее устройство с управляющим и сигнальным входами, причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к управляющему входу указанного суммирующего устройства, выход датчика углового положения РЛА относительно горизонта подсоединен к сигнальному входу указанного суммирующего устройства, а выход суммирующего устройства является выходом устройства управления и стабилизации положения РЛА, согласно изобретению, электронное суммирующее устройство содержало интегрирующее устройство и

- 15 -

компаратор, причем вход сигналов управления РЛА был подключен ко входу интегрирующего устройства, выход интегрирующего устройства подсоединен к первому из входов компаратора, а второй вход компаратора является сигнальным входом электронного суммирующего устройства, выход компаратора является выходом суммирующего устройства.

Эта совокупность существенных признаков характеризует вариант выполнения изобретения в части схемы суммирования, которая обеспечивает уменьшение габаритов, веса, энергопотребления и стоимости.

Целесообразно, чтобы интегрирующее устройство содержало операционный усилитель, резистор и конденсатор, причем вход интегрирующего устройства был подключен через резистор к инвертирующему входу операционного усилителя, к которому подключен конденсатор, другой вывод которого был подключен к выходу операционного усилителя, а неинвертирующий вход операционного усилителя подключен к опорному напряжению, равному половине амплитуды напряжения сигнала управления РЛА.

Эти дополнительные существенные признаки характеризуют вариант выполнения изобретения в части схемы суммирования, которая обеспечивает уменьшение габаритов, веса, энергопотребления и стоимости.

Полезно также, чтобы интегрирующее устройство содержало резистор и конденсатор, вход сигналов управления РЛА был подключен ко входу интегрирующего устройства, подключенному через резистор к выходу интегрирующего устройства, а конденсатор подключен между выходом интегрирующего устройства и нулевым потенциалом, причем постоянная времени  $T=RC$  меньше минимальной длительности прямоугольного импульса сигнала управления РЛА, где  $R$  - сопротивление указанного резистора, а  $C$  - емкость указанного конденсатора.

Эти дополнительные существенные признаки характеризуют вариант выполнения изобретения в части схемы суммирования, которая обеспечивает уменьшение габаритов,

- 16 -

веса, энергопотребления и стоимости.

5 Целесообразно, чтобы в устройстве стабилизации положения РЛА, содержащем датчик углового положения РЛА относительно горизонта с активным или пассивным чувстви-  
10 тельным элементом, вход сигналов управления РЛА, электронное суммирующее устройство с управляющим и сигнальным входами, причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к управляющему входу указанного суммирующего устройства, выход датчика углового положения РЛА относительно горизонта подсоединен к сигнальному входу указанного суммирующего устройства, а выход суммирующего устройства является выходом устройства стабилизации по-  
15 ложения РЛА, согласно изобретению, между датчиком углового положения РЛА относительно горизонта и электронным суммирующим устройством был включен корректирующий узел.

Эта совокупность существенных признаков, благодаря частотной коррекции, обеспечивает точность стабилизации, уменьшение времени, требуемого для вывода РЛА из  
20 аварийного положения, обеспечение стабилизации в случае малой аэродинамической устойчивости РЛА, высокую точность отслеживания заданного положения РЛА, противодействие высокочастотным помехам.

25 Полезно, чтобы корректирующий узел содержал первое дифференцирующее звено, которое имеет передаточную функцию вида

$$W_I(p) = K_I(1 + T_I p),$$

30 где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_I$  - коэффициент передачи первого дифференцирующего звена, а  $T_I$  - постоянная времени, причем  $0,5с > T_I > 0,05с$ .

Эти дополнительные отличительные признаки обеспечивают повышение устойчивости РЛА.

35 Целесообразно, чтобы корректирующий узел содержал второе дифференцирующее звено, которое имеет передаточную функцию вида

$$W_2(p) = K_2(1 + T_2 p),$$

- 17 -

5 где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_2$  - коэффициент передачи второго дифференцирующего звена,  $T_2$  - постоянная времени, причем  $0,5с > T_2 > 0,03с$ .

Эти дополнительные признаки обеспечивают коррекцию запаздывания рулевого исполнительного устройства.

10 Выгодно, чтобы корректирующий узел содержал интегрирующее звено, подключенное параллельно второму дифференцирующему звену, и интегрирующее звено имело бы передаточную функцию вида

$$W_3(p) = K_3 / (1 + T_3 p),$$

15 где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_3$  - коэффициент передачи интегрирующего звена,  $T_3$  - постоянная времени, причем  $1,5с > T_3 > 0,5с$ .

Эти дополнительные признаки обеспечивают повышение точности отслеживания устройством стабилизации заданного положения РЛА.

20 Целесообразно, чтобы каждое дифференцирующее звено содержало усилитель с отрицательной обратной связью и корректирующую цепочку из параллельно соединенных резистора и конденсатора, подключенную между входом дифференцирующего звена и входом указанного усилителя.

25 Полезно, чтобы в цепи отрицательной обратной связи усилителя были включены параллельно соединенные резисторы и конденсатор, причем передаточные функции первого и второго дифференцирующих звеньев соответственно имели вид

30 
$$W_{12}(p) = K_1 (1 + T_1 p) / (1 + T_4 p),$$

$$W_{22}(p) = K_2 (1 + T_2 p) / (1 + T_4 p),$$

35 где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_1, K_2$  - коэффициенты передачи первого и второго дифференцирующих звеньев, соответственно,  $T_1, T_2, T_4$  - постоянные времени, причем  $0,5с > T_1 > 0,05с$ ,  $0,5с > T_2 > 0,03с$ ,  $0,05с > T_4 > 0,005с$ .

Эти дополнительные признаки касаются конкретного выполнения дифференцирующих звеньев, а также уменьшают

- 18 -

высокочастотные помехи в канале стабилизации за счет конденсатора в цепи обратной связи усилителя.

5 Полезно также, чтобы первое дифференцирующее звено имело передаточную функцию вида

$$W_I(p) = K_I (1 + T_I p),$$

10 где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_I$  - коэффициент передачи первого дифференцирующего звена, а  $T_I$  - постоянная времени, причем  $0,5с > T_I > 0,05с$ , а второе дифференцирующее звено и параллельное ему интегрирующее звено были выполнены в виде усилителя с отрицательной обратной связью, содержащей параллельно соединенные первый резистор и пер-  
 15 вый конденсатор, причем ко входу усилителя была подсоединена корректирующая цепочка, состоящая из второго и третьего резистора и второго и третьего конденсатора, а второй конденсатор подсоединен параллельно с последовательно соединенными вторым и третьим резисторами, общая точка соединения которых подключена к первому выводу третьего  
 20 конденсатора, второй вывод которого подсоединен к полюсу источника питания с нулевым потенциалом, причем передаточная функция параллельно соединенных второго дифференцирующего и интегрирующего звена имеет вид

25 
$$W_{23}(p) = K_{23} [T_2 p + 1 / (1 + T_3 p)] / (1 + T_4 p),$$

где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_{23}$  - коэффициент передачи параллельно соединенных второго дифференцирующего и интегрирующего звеньев,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  - постоянные времени,  
 30 причем  $0,5с > T_2 > 0,03с$ ,  $1,5с > T_3 > 0,5 с$  и  $0,05 с > T_4 > 0,005с$ .

Эти дополнительные признаки касаются варианта конкретного выполнения первого и второго дифференцирующих звеньев и интегрирующего звена.

35 Устройство стабилизации положения РЛА в описании обозначено УС.

Целесообразно, чтобы УС, содержащее вход сигналов управления РЛА, датчик углового положения РЛА относите-

- 19 -

5           льно горизонта, согласно изобретению, содержало аналого-цифровой преобразователь (АЦП), микропроцессор с памятью, причем вход сигналов управления РЛА был подключен к микропроцессору, выход датчика углового положения РЛА подключен через АЦП к микропроцессору, выход управления микропроцессора являлся выходом УС.

10           Целесообразно, чтобы УС содержало вход управления режимом стабилизации положения РЛА, подключенный к микропроцессорному входу управления режимом стабилизации положения РЛА.

15           Полезно, чтобы УС содержало узел установки режима стабилизации положения РЛА, подключенный ко входу управления режимом стабилизации РЛА УС.

          Выгодно, чтобы УС содержало вход и выход управления режимом работы двигателя, подключенные к микропроцессору.

#### Краткое описание чертежей

20           В дальнейшем изобретение поясняется подробным описанием со ссылкой на сопровождающие чертежи, на которых:

          фиг.1 изображает устройство стабилизации положения РЛА согласно изобретению,

25           фиг.2 изображает вариант УС при использовании прямоугольных импульсов управления, длительность которых несет информацию о команде управления, согласно изобретению,

30           фиг.3 изображает один из вариантов преобразователя длительности импульса в постоянное напряжение, величина которого пропорциональна длительности импульса, согласно изобретению,

          фиг.4 изображает временную диаграмму работы преобразователя, изображенного на фиг.3, согласно изобретению,

35           фиг.5 изображает вариант УС, при котором режим стабилизации положения РЛА выбирается с помощью специального узла установки режима стабилизации, расположенного

- 20 -

на РЛА, согласно изобретению,

5       фиг.6 изображает вариант устройства стабилизации, при котором сигнал управления режимом стабилизации поступает в качестве напряжения источника питания датчика, согласно изобретению,

10       фиг.7 изображает вариант устройства стабилизации, в котором сигнал управления режимом стабилизации поступает на датчик через усилитель, согласно изобретению,

      фиг.8 изображает вариант устройства стабилизации, в котором управление режимом стабилизации осуществляется шунтированием фотоэлементов датчика, согласно изобретению,

15       фиг.9 изображает вариант устройства стабилизации, в котором управление режимом стабилизации осуществляется шунтированием фоторезисторов датчика, согласно изобретению,

20       фиг.10 изображает суммирующее устройство УС, согласно изобретению,

      фиг.11 изображает более детально суммирующее устройство УС, показанное на фиг.10, согласно изобретению,

25       фиг.12 изображает вариант выполнения суммирующего устройства с использованием интегрирующего устройства, согласно изобретению,

      фиг.13 изображает вариант выполнения суммирующего устройства с нормированием сигнала управления РЛА, согласно изобретению,

30       фиг.14 изображает интегрирующее устройство с использованием операционного усилителя, согласно изобретению,

      фиг.15 изображает устройство стабилизации положения РЛА с частотной коррекцией сигнала датчика положения РЛА относительно горизонта, согласно изобретению,

35       фиг.16 изображает корректирующий узел, согласно изобретению,

      фиг.17 изображает вариант выполнения корректирующего узла, согласно изобретению,



- 21 -

- фиг.18 изображает вариант выполнения корректирующего узла, согласно изобретению,
- 5       фиг.19 изображает вариант выполнения корректирующего узла, согласно изобретению,
- фиг.20 изображает УС с использованием микропроцессора, согласно изобретению,
- 10       фиг.21 изображает вариант микропроцессорного УС с управлением режимом стабилизации, согласно изобретению,
- фиг.22 изображает вариант микропроцессорного УС с использованием устройства установки режима стабилизации положения РЛА, расположенного на РЛА, согласно изобретению,
- 15       фиг.23 изображает вариант микропроцессорного УС с использованием управления двигателем, согласно изобретению,
- фиг.24 изображает временную диаграмму работы УС с суммирующим устройством в соответствии с фиг.10,11, согласно изобретению,
- 20       фиг.25 изображает временную диаграмму работы УС с суммирующим устройством в соответствии с фиг.12,14, согласно изобретению,
- фиг.26 изображает временную диаграмму работы УС с суммирующим устройством в соответствии с фиг.12,3, согласно изобретению.
- 25

Варианты осуществления  
изобретения

- 30       На фиг.1 изображено УС в соответствии с п.1 и п.6 формулы изобретения. Далее в тексте устройство будет сокращенно называться УС.

- Устройство содержит датчик углового положения РЛА относительно горизонта 1. Датчик может иметь как пассивные чувствительные элементы, например, фоторезисторы, которые нуждаются в источнике питания, так и активные чувствительные элементы, например, фотоэлементы, которые не требуют подключения источников питания. УС имеет вход сигналов управления РЛА.2, к которому обычно подключен
- 35
- 35

- 22 -

выход приемника сигналов управления, расположенного на РЛА и принимающего сигналы от пульта оператора с Земли. 5  
УС содержит электронное суммирующее устройство 3, имеющее управляющий 4 и сигнальный 5 входы. Вход сигналов управления РЛА 2 подключен к управляющему входу 4 суммирующего устройства 3, а выход 6 датчика I подключен к сигнальному входу 5 суммирующего устройства 3 через аттенюатор, о котором сказано ниже. Выход 7 суммирующего устройства 3 является выходом УС и обычно подключается к исполнительному рулевому устройству, которое на фиг. I не показано. 10

УС содержит вход сигналов управления режимом стабилизации 8, подключенный к соответствующему выходу приемника, и аттенюатор 9 с управляющим I0 и сигнальным II входами и выходом I2. Вход сигналов управления режимом стабилизации 8 подключен к управляющему входу I0 аттенюатора 9, а выход датчика I подключен к сигнальному входу II аттенюатора 9, выход I2 которого подключен к сигнальному входу 5 суммирующего устройства 3. Под аттенюатором 9 здесь подразумевается любое устройство, которое по сигналу управления режимом стабилизации может изменять коэффициент передачи сигнала от выхода 6 датчика I до сигнального входа 5 суммирующего устройства 3. 15  
20  
25

На фиг. 2 изображен вариант УС, отличающийся от УС, приведенного на фиг. I, тем, что он работает с сигналами управления в виде импульсов, длительность которых несет информацию о команде управления. Именно такие сигналы 30  
используются обычно в авиамоделизме. Поэтому УС содержит преобразователь сигнала управления режимом стабилизации в напряжение I3, причем этот преобразователь I3 включен между входом 8 сигналов управления режимом стабилизации и управляющим входом I0 аттенюатора 9. В качестве аттенюатора 9 используется аналоговый умножитель (см., например, 35  
"Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы". Справочник. М., "Радио и связь", 1990г., стр. 368-375), величина напряжения на выходе аналогового умножителя зависит

- 23 -

от величина напряжений на двух его входах:

$$U_v = U_x \cdot (U_y / U_p),$$

- 5 где:  $U_v$  - напряжение на выходе умножителя,  
 $U_x$  - напряжение на сигнальном входе умножителя,  
 $U_y$  - напряжение на управляющем входе умножителя,  
 $U_p$  - пороговое напряжение на управляющем входе умножителя, при котором его коэффициент передачи равен 1  
10 и  $U_v = U_x$ . В этой схеме должно быть обеспечено выполнение условия  $0 \leq U_y \leq U_p$ . При  $U_y = 0$ ,  $U_v = 0$  и сигнал датчика не проходит, что позволяет отключить канал стабилизации.

- 15 На фиг.3 изображен пример преобразователя I3 сигнала управления режимом стабилизации в напряжение. Предполагается, что на входе преобразователя I3 действует прямоугольный импульс, длительность которого несет информацию о команде управления. Преобразователь I3 имеет вход I4, входной ключ I5, который включается на время  $t_1$ , равное  
20 длительности импульса на входе I4 преобразователя, резистор I6 преобразователя, конденсатор I7 преобразователя I3, выходной ключ I8 преобразователя. На фиг.3 условно показано сопротивление нагрузки I9, которое не входит в преобразователь. Выходной ключ I8 включается по  
25 переднему фронту входного импульса преобразователя на время  $t_2$ , которое много меньше длительности входного импульса. Вход преобразователя I4 через входной ключ I5 подключен к конденсатору I7, второй вывод которого подключен к Земле. Параллельно конденсатору I7 подключен  
30 выходной ключ I8. Первый вывод 20 конденсатора является выходом преобразователя. Для работы преобразователя необходимо, чтобы произведение сопротивления нагрузки I9 на емкость конденсатора I7 было много больше, чем произведение сопротивления резистора I6 преобразователя на  
35 емкость конденсатора I7, причем это второе произведение должно быть больше длительности входного импульса. Для выполнения этого условия можно использовать согласующие устройства, например, на операционных усилителях.

- 24 -

На фиг.4 приведена временная диаграмма работы преобразователя I3. В точке 21 показаны импульсы на входе I4 преобразователя I3, а в точке 22 показано выходное напряжение на выходе 20 преобразователя I3.

На фиг.5 показан вариант УС, который содержит узел установки режима стабилизации 23, выход 24 которого подключен ко входу 8 сигнала управления режимом стабилизации. В качестве узла установки режима стабилизации может быть использован потенциометр, ступенчатый переключатель или любое другое устройство, позволяющее оператору перед полетом установить на входе сигнала управления режимом стабилизации некоторое постоянное напряжение, соответствующее выбранному режиму стабилизации.

На фиг.6 показан вариант УС, в котором используется датчик I с пассивными чувствительными элементами, например, фоторезисторами 25. Фоторезисторы 25 включены последовательно и имеют вывод 26 для подключения напряжения питания. При этом УС содержит, как и УС на фиг.2, преобразователь сигнала управления режимом стабилизации в напряжение, причем выход преобразователя I3 подключен к выводу 26 для подключения питания к фоторезисторам, а средняя точка соединения фоторезисторов является выходом 6 датчика I, подключенным к сигнальному входу 5 суммирующего устройства 3. Последовательное включение фоторезисторов дает сигнал, пропорциональный отношению световых потоков, падающих на отдельные преобразователи, что обеспечивает работу датчиков в большом диапазоне уровней освещенности.

На фиг.7 показано УС, соответствующее УС на фиг.6, но у которого между указанным преобразователем I3 и датчиком I с фоторезисторами 25 включен усилитель 27 с двумя разнофазными выходами 28.

На фиг.8 показано УС, в котором в датчике I использованы активные чувствительные элементы, например, фотозлементы 29, которые не требуют подключения источника питания. УС содержит преобразователь I3 и управляемый

- 25 -

шунтирующий элемент 30 в виде, например, управляемого переменного сопротивления. Датчик содержит два параллельно соединенных фотоэлемента 29 и делитель напряжения на резисторах 31 для получения средней точки с половинным напряжением по отношению к напряжению источника питания. Сопротивления резисторов 31 равны и их средняя точка подключена к одной точке 32 соединения фотоэлементов 29, а другая точка соединения фотоэлементов является выходом датчика 6 и подключена к сигнальному входу 5 суммирующего устройства 3. Управляющий вход шунтирующего элемента 30 подключен к выходу преобразователя 13, а шунтирующий элемент 30 подключен параллельно фотоэлементам 29.

На фиг.9 показано УС, в котором датчик содержит пассивный чувствительный элемент в виде фоторезисторов 33. Имеется делитель напряжения на резисторах 34 для создания средней точки 35. Здесь управляемый шунтирующий элемент 36 в виде управляемого переменного резистора подключен между средней точкой 35 делителя напряжения и точкой соединения фоторезисторов, которая является выходом 6 датчика 1 и подключена к сигнальному входу 5 суммирующего устройства 3. Соответствующие крайние точки делителя 34 и фоторезисторов соединены и подключены к выводам 37, 38 источника питания.

На фиг.10 изображено суммирующее устройство 3, которое содержит демодулятор-сумматор 39, имеющий управляющий вход 40 и сигнальный вход 41, управляющий выход 42 и сигнальный выход 43. Суммирующее устройство 3 также содержит устройство согласования 44 с управляющим входом, сигнальным входом 45 и выходом 46. Суммирующее устройство 3 содержит также модулятор 47, имеющий управляющий вход 48, сигнальный вход 49 и выход 50. Вход сигналов управления подключен к управляющему входу 4 суммирующего устройства 3, который подключен к управляющему входу 40 демодулятора-сумматора и управляющему входу 51 устройства согласования. Выход 46 устройства согласования подключен к сигнальному входу 41 демодулятора-сумматора 39. Управля-

- 26 -

5        ющий выход 42 демодулятора-сумматора 39 подключен к управляющему входу 48 модулятора. Сигнальный выход 43 демодулятора-сумматора 39 подключен к сигнальному входу 49 модулятора 47. Выход 50 модулятора 47 является выходом 7 суммирующего устройства 3.

10        На фиг. II показано более подробно, чем на фиг. I0, устройство суммирования 3, содержащее демодулятор-сумматор 39, устройство согласования 44 и модулятор 47. Управляющий вход демодулятора-сумматора 39 подключен ко входу 52 первого инвертора 53 и к конденсатору 54 дифференцирующей цепочки 54-55. Выход 56 первого инвертора 53 подключен ко входу 57 второго инвертора 58 и к управляющему входу 59 третьего ключа 60 модулятора 47. Выход 61 второго инвертора подключен к управляющему входу 62 первого ключа 63. Полус источника питания с положительным потенциалом 64 подключен ко входу 65 первого стабилизатора тока 66. Стабилизатор тока 66 обеспечивает прохождение постоянного не меняющегося от нагрузки тока через ключ 63, когда он открыт. Стабилизатор тока может быть выполнен, например, в виде транзистора, на базе которого стабилизировано напряжение с помощью стабилитронов. Выход 67 первого стабилизатора тока 66 подключен ко входу 68 первого ключа 63, выход которого 69 подключен к первому выводу 70 суммирующего конденсатора 71.

20        Дифференцирующая цепочка из конденсатора 54 и резистора 55 подключена к управляющему входу 72 второго ключа 73, сигнальный вход 74 которого подключен к первому выводу 70 конденсатора 71, а выход 73 подключен ко второму выводу конденсатора 71.

30        Управляющий вход 51 устройства суммирования 3 подключен к управляющему входу 51 устройства согласования 44 и через диод 76 - к сигнальному входу 77 усилителя с обратной связью 78, выход 79 которого является выходом устройства согласования и подключен к сигнальному входу 41 демодулятора-сумматора 39, который подключен ко второму выводу 80 суммирующего конденсатора 71. Сигнальный

35

- 27 -

5 вход 45 устройства согласования через резистор 81 подклю-  
чен к сигнальному входу 77 усилителя 78, к опорному входу  
82 которого подключен первый источник опорного напряжения  
83. Первый вывод 70 суммирующего конденсатора 71 через си-  
гнальный выход 43 демодулятора-сумматора и сигнальный  
10 вход 49 модулятора подсоединены к сигнальному входу 84  
третьего ключа 60, выход 85 которого подключен ко входу  
86 второго стабилизатора тока 87, выход 88 которого под-  
ключен к полюсу источника питания с нулевым потенциалом  
89. Первый вывод 70 суммирующего конденсатора 71 подсое-  
динен также к сигнальному неинвертирующему входу 90 уси-  
лителя-компаратора 91, выход которого 92 является выхо-  
15 дом 50 модулятора и выходом 7 устройства суммирования.  
Инвертирующий опорный вход 93 усилителя-компаратора 91  
подключен ко второму источнику опорного напряжения 94.

20 Все устройство управления и стабилизации положения  
РЛА имеет источник питания 95 с выходом 96 с положитель-  
ным потенциалом и с выходом 97 с нулевым потенциалом.

В данном конкретном примере входной импульс на  
входе 4 и выходной импульс на выходе 7 имеют положитель-  
ную полярность, хотя схема может быть построена и для  
импульсов другого вида.

25 Аналоговые ключи 63, 73 и 60 широко известны  
(см., например "Цифровые и аналоговые интегральные микро-  
схемы". Справочник. М., "Радио и связь", 1990г., стр.447-  
455).

30 Усилители 78 и 91 могут быть выполнены в виде опе-  
рационных усилителей (см., например, "Цифровые и аналого-  
вые интегральные микросхемы". Справочник, М., "Радио о  
связь", 1990г., стр.328-360).

Источники опорного напряжения 83 и 94 могут быть  
выполнены в виде делителей напряжения на сопротивлениях.

35 На фиг.12 показано суммирующее устройство 3, со-  
держащее интегрирующее устройство 98 и компаратор 99. Уп-  
равляющий вход 4 суммирующего устройства 3 подключен ко  
входу 100 интегрирующего устройства 98, выход 101 которо-

- 28 -

го подключен к первому входу I02 компаратора, а сигналь-  
ный вход 5 суммирующего устройства 3 подключен ко второ-  
му входу I03, выход которого I04 является выходом  
суммирующего устройства.

На фиг. I3 суммирующее устройство 3 отличается от  
такого же устройства на фиг. I2 тем, что в нем имеется но-  
рмирующее устройство I05, например, ограничитель амплиту-  
ды, который задает определенную амплитуду на входе инте-  
грирующего устройства 98. Нормирующее устройство необхо-  
димо, если приемник не нормирует управляющий сигнал.

На фиг. I4 показано интегрирующее устройство 98 с  
использованием операционного усилителя. Оно содержит ре-  
зистор I06, конденсатор I07, операционный усилитель I08,  
сигнальный вход I09 операционного усилителя I08, опорный  
вход I10 и выход III операционного усилителя I08. Вход  
I00 интегрирующего устройства 98 через резистор I06 под-  
ключен к сигнальному входу I09 операционного усилителя  
I08, к которому подключен один вывод конденсатора I07, а  
второй его вывод подключен к выходу III операционного  
усилителя I08, который является выходом интегрирующего  
устройства.

Интегрирующее устройство может быть выполнено и  
так, как показано на фиг. 3, т.е. без операционного уси-  
лителя.

На фиг. I5 изображено устройство стабилизации поло-  
жения РЛА. Оно содержит датчик I положения РЛА относите-  
льно горизонта. Могут использоваться различные датчики,  
но предпочтительно, чтобы использовался датчик положения,  
состоящий из двух чувствительных к электромагнитному,  
например, оптическому, излучению элементов, соединенных  
последовательно, при этом элементы должны быть направле-  
ны в противоположные стороны горизонта. Обычно на РЛА  
имеется два канала управления - канал крена и канал тан-  
гажа. В заявке описание ведется только относительно од-  
ного канала управления, и подразумевается, что при необ-  
ходимости, а так обычно и бывает, на РЛА два идентичных



канала управления, но один из них управляет элеронами, а второй - рулями высоты. Имеется также в виду, что изобретение применяется для малоразмерных радиоуправляемых беспилотных РЛА - моделей, которые летают в приземном слое атмосферы, например, до 1000 метров высоты, и при этом очень важно обеспечить высокую маневренность, спасаемость модели, а также малый вес, габариты, энергопотребление.

Выход 6 датчика I положения РЛА подключен к корректирующему узлу II2. Корректирующий узел II2 может содержать одно дифференцирующее звено II3 или два (первое и второе II4) дифференцирующих звена, соединенных последовательно. Корректирующий узел II2 может содержать один усилитель или несколько усилителей.

РЛА имеет амплитудную характеристику канала стабилизации, зависящую от параметров РЛА и параметров всех элементов, входящих в контур управления. При этом для обеспечения устойчивости работы в замкнутом контуре стабилизации необходимо выбрать постоянные времени корректирующих звеньев таким образом, чтобы пересечение логарифмической амплитудной характеристикой (ЛАХ) частотной оси происходило с крутизной не более 20 дБ/декаду. Однако ЛАХ реального РЛА, если не введена коррекция, пересекает частотную ось с крутизной 60 дБ/дек. в точке, называемой частотой среза  $\omega_{ср}$ . Соответствующая постоянная времени  $T_0 = 1/\omega_{ср}$  лежит в диапазоне 0,03-0,1с. Первое дифференцирующее звено II3 имеет передаточную функцию вида

$$W_I(p) = K_I(1 + T_I p),$$

где:  $T_I$  - постоянная времени, выбираемая из условия устойчивости РЛА, и  $T_I > T_0$ ,  $K_I$  - коэффициент передачи этого звена,  $T_I$ , например, может лежать в диапазоне 0,05-

0,5с, другими словами  $0,5с > T_I > 0,05с$ . Чем дальше в сторону увеличения постоянная времени  $T_I$  находится от точки среза, тем устойчивее будет РЛА, но и тем менее

- 30 -

маневренным он будет. Поэтому при заданной логарифмической амплитудной характеристике РЛА выбирают  $T_I$  так, чтобы был некоторый запас по устойчивости, то есть некоторое "расстояние" от  $T_0$ .

Второе дифференцирующее звено II4 имеет передаточную функцию вида

$$W_2(p) = K_2(1 + T_2 \cdot p)$$

где:  $T_2$  - постоянная времени, выбранная из условия  $T_I > T_2 > T_0$ , где  $T_I$  - постоянная времени запаздывания исполнительного рулевого устройства, а  $K_2$  - коэффициент передачи второго дифференцирующего звена II4. Второе дифференцирующее звено II4 корректирует отставание рулевого устройства, возникающее из-за того, что рулевое устройство имеет конечную скорость отработки.  $T_I$  является параметром исполнительного рулевого устройства и для моделей лежит в диапазоне 0,05 - 0,5с, другими словами  $0,5с > T_2 > 0,03с$ .

На фиг. I6 показан корректирующий узел II2, в котором введено интегрирующее звено II5, подключенное параллельно второму дифференцирующему звену II4. Интегрирующее звено II5 имеет передаточную функцию вида

$$W_3(p) = K_3 / (1 + T_3 \cdot p)$$

где  $T_3$  - постоянная времени, определяемая требуемым временем достижения с заданной точностью положения РЛА, соответствующего действующим сигналам управления и сигналу датчика положения, причем  $T_3 > T_2$ ,  $K_3$  - коэффициент передачи интегрирующего звена.  $T_3$  выбирается обычно в диапазоне 0,5-1,5с, другими словами  $1,5с > T_3 > 0,5с$ .

На фиг. I7 показано, что дифференцирующее звено II3, как и дифференцирующее звено II4, может содержать усилитель с отрицательной обратной связью II6 и последовательно с ним соединенную корректирующую цепочку II7, которая состоит из параллельно соединенных резистора II8 и конденсатора II9. Величины резистора и конденсатора выбираются для обеспечения постоянных времени  $T_I$  и  $T_2$ .

- 31 -

На фиг.18 показано, что в цепи обратной связи усилителя II6 могут быть включены параллельно соединенные конденсатор I20 и резистор I21. При этом передаточная функция первого и второго дифференцирующих звеньев будет иметь вид

$$W_{I2}(p) = K_1(I + T_1 \cdot p) / (I + T_4 \cdot p),$$

$$W_{I22}(p) = K_2(I + T_2 \cdot p) / (I + T_4 \cdot p),$$

где постоянная времени  $T_4 \leq T_0$  и выбирается обычно в диапазоне 0,005-0,05с, другими словами  $0,05с > T_4 > 0,005с$ . Другие постоянные времени  $T_1$  и  $T_2$  указаны выше. Введение резисторно-емкостной цепочки в цепь обратной связи усилителя приводит к ограничению коэффициента передачи усилителя на высоких частотах ( $F > 15$  Гц), что необходимо для уменьшения влияния помех на работу усилителя.

На фиг.19 показана конкретная реализация параллельного соединения второго дифференцирующего звена II4 и апериодического звена первого порядка II5. При этом усилитель I22 содержит отрицательную обратную связь из параллельно соединенных резистора I23 и конденсатора I24. Ко входу I25 усилителя I22 подключена корректирующая цепочка I26, состоящая из параллельно соединенных конденсатора I27 и последовательно соединенных резисторов I28 и I29. Общая точка I30 соединения резисторов I28 и I29 подсоединена к первому выводу I31 конденсатора I32, второй вывод которого I33 подсоединен к полюсу источника питания с нулевым потенциалом I34. Передаточная функция параллельно соединенных второго дифференцирующего звена и апериодического звена первого порядка имеет вид.

$$W_{I23}(p) = K_2[T_2 \cdot p + I / (I + T_3 \cdot p)] / (I + T_4 \cdot p),$$

где все постоянные времени и  $K_2$  указаны выше.

Усилители II6 и I22 могут быть выполнены в виде операционных усилителей, как описано в /7/.

На фиг.20 показано выполнение варианта изобретения с использованием микропроцессора I35. УС содержит вход сигналов управления РЛА 2, датчик углового положения РЛА относительно горизонта. I, аналого-цифровой преобразова-

- 32 -

5 тель I36 (АЦП) (см., например "Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы". Справочник. М., "Радио и связь" 1990г., стр. 432-445), микропроцессор с памятью I35. Вход сигналов управления РЛА 2 подключен к микропроцессору I35, выход 6 датчика I подключен через АЦП I36 к микропроцессору I35, а выход I37 микропроцессора I35 является выходом УС и подключается к исполнительному ру-  
10 левому устройству.

В память микропроцессора I35 записывается программа его работы, реализующая приведенный далее алгоритм работы:

15 В зависимости от параметров сигналов управления на выходе приемника, могут быть использованы различные способы подключения входа сигналов управления 2 к последовательному и/или параллельному порту микропроцессора. В предпочтительном варианте сигналы управления на выход приемника передаются последовательно в цифровой форме или  
20 кодом с широтно-импульсной модуляцией. При этом в этом сигнале могут быть команды управления исполнительными рулевыми устройствами, двигателем и команды управления режимом стабилизации положения РЛА. В этом случае вход сигналов управления 2 подключается на последовательный порт  
25 микропроцессора.

Если команды на выходе приемника выдаются по отдельным каналам и в виде аналоговых сигналов, то они могут поступать на АЦП, а затем на отдельные параллельные порты микропроцессора, или с помощью коммутаторов могут  
30 коммутироваться на один вход микропроцессора.

Сигнал с датчика I подключается через АЦП к отдельному входу микропроцессора или через коммутатор к тому же входу микропроцессора, на который поступают сигналы управления. Естественно, что при использовании комму-  
35 таторов, от микропроцессора должны подаваться на коммутаторы сигналы управления для выборки соответствующей информации в определенные моменты времени.

На выходе микропроцессора формируются необходимые сигналы управления исполнительными рулевыми устройствами и двигателем. В случае использования на РЛА широко-  
5 распространённых в авиамоделлизме рулевых машинок, на выходах микропроцессора должны быть оформлены сигналы управления с широтно-импульсной модуляцией, необходимой для таких рулевых машинок.

10 При подготовке РЛА к полету при включении микропроцессора выполняются этапы А, Б, В, Г описанного далее алгоритма. Некоторые этапы могут не выполняться, если необходимая информация записана ранее и находится в постоянной памяти микропроцессора.

15 Алгоритм работы микропроцессора составлен с учетом широко распространённых в авиамоделлизме сигналов управления РЛА.

Этап А. Запись в память максимального значения приращения  $\Delta \dot{\theta}_{\max}$  сигнала на входе исполнительного руле-  
20 вого устройства, соответствующего максимально возможному углу  $\theta_{\max}$  отклонения управляющих поверхностей исполнительного рулевого устройства при сигнале управления, соответствующем нейтральному положению управляющих поверхностей.

25 Этап Б. Запись в память микропроцессора максимального напряжения  $U_{\max}$  на выходе датчика положения РЛА относительно горизонта.

Этап В. Запись в память микропроцессора величины длительности импульса синхронизации  $T_5$ .

30 Этап Г. Запись в память коэффициента режима стабилизации положения РЛА  $0 < K_4 < 1$ , который выбирается оператором для полета в случае использования сигналов режима стабилизации с установкой режима на Земле.

Во время полета выполняются следующие этапы алгоритма:  
35

Этап Д. Выделение микропроцессором на входе сигналов управления РЛА синхроимпульса из сигнала управления РЛА, поступающего от оператора, например, путем определе-

- 34 -

ния в сигнале управления РЛА импульса с заданной длительностью  $T_5$ .

5           Этап Е. Выделение из сигнала управления РЛА на  
5       входе сигналов управления РЛА и запись в память команды  
управления исполнительным рулевым устройством путем, на-  
пример, нахождения в сигнале управления РЛА первого и  
второго импульсов, идущих вслед за синхроимпульсом, и  
10       вычисление промежутка времени  $t_1$  между передними фрон-  
тами указанных первого и второго импульсов в соответствии  
с принятым кодированием.

15           Этап Ж. Опрос на выходе АЦП и запись в память ко-  
да, соответствующего текущему напряжению  $U_1$  на выходе  
датчика положения РЛА.

20           Этап И. Вычисление параметров выходного управляю-  
щего импульса микропроцессора, например, в виде длите-  
льности импульса  $t_2$  для управления исполнительным руле-  
вым устройством.

$$t_2 = t_1 + \Delta t_{\max} \cdot \frac{U_1}{U_{\max}} \cdot K_4$$

Этап К. Формирование на выходе микропроцессора  
импульса соответствующей длительности  $t_2$ .

Этап Л. Переход к этапу Д.

25       На фиг.2I показано УС с использованием микропро-  
цессора, причем оно дополнительно содержит вход I38 уп-  
равления режимом стабилизации положения РЛА, подклю-  
ченный к входу I39 управления режимом стабилизации положения  
РЛА микропроцессора.

30       При использовании сигнала управления режимом ста-  
билизации положения РЛА, алгоритм работы микропроцессора  
дополнительно содержит следующие этапы:

35           Этап М. Запись оператором в память микропроцессо-  
ра определенной оператором функции  $K_5 = f(t_3)$ , где  
 $t_3$  - значение сигнала управления режимом стабилизации,  
например, длительность импульса сигнала управления режи-  
мом стабилизации положения РЛА, а  $K_5$  - коэффициент сте-  
пени воздействия сигнала датчика и  $0 < K_5 < 1$ . (Выполняет-

- 35 -

ся до этапа Д).

Этапы, выполняемые в полете:

- 5           Этап Н. Выделение микропроцессором сигнала управления режимом стабилизации положения РЛА, например, в виде длительности  $t_3$  импульса на входе сигналов управления режимом стабилизации в соответствии с принятым способом кодирования. (Выполняется, например, после этапа Е).
- 10           Этап О. Вычисление выходного импульса микропроцессора  $t_4$  с учетом выбора режима стабилизации:

$$t_4 = t_2 \cdot K_5.$$

(Выполняется после этапа И).

- 15           Если необходимо ввести частотную коррекцию сигнала датчика, то алгоритм работы микропроцессора дополнительно содержит:

Этап П. Запись в память микропроцессора параметров  $T_1, T_2, T_3, T_4$ , выбранных оператором из следующих условий:

- 20            $0,5с > T_1 > 0,05с, 0,5с > T_2 > 0,03с, 1,5с > T_3 > 0,5с, 0,05с > T_4 > 0,005с.$

(Выполняется до этапа Д).

Этап Р. Вычисление параметров выходного импульса микропроцессора  $t_5$  с учетом частотной коррекции.

- 25            $t_5 = t_2(I + T_1 \cdot p) [T_2 \cdot p + I / (I + T_3 \cdot p)] (I + T_4 \cdot p).$   
(Выполняется после этапа И)

- 30           На фиг.22 показано УС, в котором ко входу I38 управления режимом стабилизации положения РЛА подключен узел 23 установки режима стабилизации положения РЛА. Этот узел может быть выполнен, например, в виде переключателя на 8 выходов, подключенного к параллельному порту микропроцессора, при этом при переключении переключателя на одном из разрядов порта появляется напряжение, соответствующее "1", а на остальных - "0". Могут быть использованы и другие варианты, например, потенциометр и АЦП и т.д.
- 35

При использовании узла установки режима стабилизации алгоритм работы микропроцессора изменяется следующим образом:

- 36 -

5 Этап С. Опрос параллельного порта и запись в память микропроцессора числа  $K_6$ , причем  $0 < K_6 < 1$ . (Выполняется до этапа Д).

Этап Т. Вычисление параметра выходного импульса микропроцессора  $t_6$  с учетом установки режима стабилизации:

10 
$$t_6 = t_2 \cdot K_6$$
  
(Выполняется после этапа И).

На фиг.23 показано УС, в котором имеется вход I40 и выход I4I управления режимом работы двигателя, подключенные к микропроцессору I35.

15 Если сигнал управления двигателем поступает на микропроцессор, то алгоритм работы микропроцессора должен включать следующие этапы:

- декодирование команд управления двигателем;
- выдачу команды управления на двигатель.

20 При этом можно осуществлять анализ управляющих сигналов на корректность и в случае отрицательного результата переходить на выполнение аварийной программы полета, имеющейся в памяти микропроцессора, когда микропроцессор будет формировать необходимые команды для исполнительных устройств и двигателя, чтобы перевести РЛА, например, в  
25 режим горизонтального полета по кругу или с постепенным снижением по спирали и перевести двигатель на режим малых оборотов или полного выключения. Например, в случае значительного удаления авиамодели, когда управляющие сигналы не воспринимаются приемником, микропроцессор может управ-  
30 лять авиамodelью, чтобы свести неприятные последствия к минимуму.

Устройство стабилизации положения РЛА работает следующим образом (см.фиг.1).

35 В устройстве применяется датчик I положения РЛА относительно горизонта. Он может быть выполнен в виде двух преобразователей интенсивности электромагнитного светового излучения в напряжение, направленных на горизонт в противоположные стороны. Этот датчик устанавли-



вается в РЛА.

5 Оба преобразователя соединяются последовательно, при этом образуется делитель напряжения с двумя резисторами, величина сопротивления которых зависит от интенсивности падающего на них излучения. При горизонтальном полете РЛА сопротивления этих резисторов одинаковы, и на общей точке их соединения, являющейся выходом датчика, 10 будет напряжение, равное половине напряжения источника питания.

Сигналы управления положением РЛА, полученные приемником, выдаются на суммирующее устройство 3 в виде, например, импульсов, длительность которых несет информацию о команде управления. Сигнал о положении РЛА от датчика I поступает на аттенюатор 9, где ослабляется в соответствии с выбранным режимом стабилизации, установленным сигналом управления режимом стабилизации, поступившим на управляющий вход IO аттенюатора 9. На суммирующем устройстве 3 происходит сложение сигнала управления РЛА и сигнала положения РЛА, причем суммарный сигнал поступает на исполнительное рулевое устройство. 15 20

Если сигнал управления режимом стабилизации поступает в виде импульсов, длительность которых несет информацию о режиме стабилизации, тот этот сигнал преобразуется в напряжение на преобразователе I3 (фиг.2), причем выходное напряжение преобразователя поступает на управляющий вход IO аттенюатора 9, выполненного в виде аналогового умножителя. В результате сигнал датчика ослабляется тем больше, чем больше напряжение на управляющем входе аттенюатора, и меньше влияет на изменение сигнала управления РЛА. 25 30

Преобразователь, показанный в виде примера на фиг.3, работает следующим образом. Предполагается, что амплитуда входного импульса нормирована приемником или специальным ограничителем, который не показан. Период следования импульсов постоянен. В этом случае величина напряжения на конденсаторе I7 будет пропорциональна дли- 35

5 тельности импульса (фиг.4, где показаны входные импульсы и напряжение на конденсаторе). При поступлении импульса по переднему фронту происходит кратковременное включение второго ключа I8 и разряд конденсатора. Затем будет происходить постепенный заряд конденсатора до окончания импульса, после чего первый ключ I5 разомкнется. На конденсаторе I7 будет оставаться напряжение, так как сопротивление нагрузки I9 велико, как видно из соотношений, приведенных ранее при описании преобразователя на фиг.3. Так как произведение сопротивления резистора I6 преобразователя на емкость конденсатора I7 больше, чем максимальная длительность импульса, то напряжение на конденсаторе будет зависеть от длительности импульса.

10 На фиг.5 показан вариант, когда на аттенюатор 9 подается не сигнал управления режимом от оператора с Земли, а напряжение от узла 23 установки режима стабилизации, причем этот узел в простейшем случае может быть выполнен в виде потенциометра, с помощью которого оператор на земле устанавливает на аттенюаторе 9 такое напряжение, которое соответствует выбранному режиму стабилизации, т. е. нужному ослаблению сигнала датчика.

20 На фиг.6 показано, что преобразованный в напряжение сигнал управления режимом стабилизации может быть подан в качестве напряжения питания на фоторезисторы 25 датчика I, что вызовет изменение сигнала, снимаемого с датчика, в зависимости от напряжения питания датчика.

30 На фиг.7 показан вариант схемы на фиг.6, где между преобразователем I3 и датчиком I включен усилитель 27 с двумя разнофазными выходами 28. Это может быть использовано, когда для фоторезисторов 25 необходимы большие токи, а преобразователь I3 имеет большое выходное сопротивление.

35 На фиг.8 показано шунтирование активных чувствительных элементов датчика для управления режимом стабилизации. Если сопротивление управляемого резистора 30 близко к нулю за счет воздействия сигнала управления ре-

- 39 -

жимом стабилизации, то напряжение на выходе датчика будет определяться в основном напряжением в средней точке делителя 31. При этом ток шунтирования  $I_3$ , проходящий по резистору 30, будет велик. Если сопротивление резистора 30 будет велико, то ток шунтирования  $I_3$  будет мал. Легко показать, что  $I_n = I_1 - I_2 - I_3$ , где  $I_n$  - ток нагрузки,  $I_1$  - ток фотозлемента 29 (верхнего на рисунке),  $I_2$  - ток фотозлемента 29 (нижнего на рисунке),  $I_3$  - ток шунтирования, и что ток нагрузки зависит от тока шунтирования.

На фиг.9 показано шунтирование пассивных чувствительных элементов 33 датчика. При малом сопротивлении переменного резистора 36 напряжение, снимаемое с датчика, будет близко к

$$U = \frac{U_n}{2},$$

если сопротивления резистора делителя 34 равны и  $U_n$  - напряжение источника питания. При большом сопротивлении переменного резистора 36 напряжения на выходе датчика 1 будет определяться в основном величиной сопротивления фоторезистора. Таким образом, сигнал управления режимом стабилизации, определяющий величину сопротивления переменного сопротивления управляемого резистора 36 (шунтирующего элемента), будет изменять напряжение датчика. В качестве управляемого резистора может быть использован полевой транзистор.

Работа суммирующего устройства, приведенного на фиг.10 и 11, описывается далее с использованием временной диаграммы на фиг.24.

Оператор РЛА, стоя на земле и имея в руках пульт управления РЛА, посылает на приемник, находящийся на РЛА, команды управления. Могут использоваться различные виды модуляции и кодирования, но обычно команды передаются в виде длительности интервала между передними фронтами следующих друг за другом, например, первого и второго, импульсов. Для отметки первого импульса передается синхроимпульс, имеющий значительную длительность и определяемый приемником (фиг.24а); работу приемника и передатчика -

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО

см. Г.Миль, "Электронное дистанционное управление модель-  
ми", М., ДССААФ, 1980г., стр. II-II5. Импульсы на выходе  
5 приемника в одном из каналов, например, в канале управле-  
ния креном, имеют вид, показанный на фиг.24в. Длительно-  
10 сть этих импульсов отражает команду управления. Эти им-  
пульсы поступают на вход 4 устройства суммирования 3, где  
из этих импульсов и сигнала с датчика вырабатывается им-  
пульс, показанный на фиг.24г, на выходе 7 для управле-  
ния исполнительным рулевым устройством, причем в зависи-  
15 мости от сигнала датчика импульсы на выходе 7 имеют или  
большую, или меньшую, или неизменную длительность по  
сравнению с импульсами фиг.24в. Исполнительное рулевое  
устройство затем обрабатывает командные импульсы, причем  
каждой длительности импульсов на выходе 7 соответствует  
определенное положение управляющих поверхностей.

Напряжение сигнала на выходе датчика I, на выходе  
дифференцирующих звеньев II3, II4 и устройства согласо-  
20 вания 44 измеряется относительно уровня опорного напря-  
жения  $V_m = V_n / 2$ , что связано с использованием однополяр-  
ного источника питания.

Напряжение на выходе датчика I  $V_I = K_\gamma \cdot A$  в линейной  
зоне характеристики датчика,  $A$  - угол отклонения РЛА от  
25 горизонтального положения в пределах  $-10^\circ \leq A \leq +10^\circ$ , что  
зависит от поставленной задачи и определяет конструкцию  
датчика,  $K_\gamma$  - крутизна линейного участка характеристики  
датчика.

Указанные пределы соответствуют задаче спасения  
30 аппарата и стабилизации его вблизи горизонтального поло-  
жения.

Напряжение на выходе датчика I в отсутствии атте-  
ньюатора 9 и корректирующего узла II2 равно напряжению на  
сигнальном входе 5 суммирующего устройства 3.

35 Положительный импульс сигнала управления поступает на  
вход 52 первого инвертора 53, инвертированный сигнал с  
выхода 56 инвертора 53 поступает на вход 57 второго ин-  
вертора 58 и на управляющий вход 59 третьего ключа 60 и

- 4I -

закрывает его. Сигнал управления со входа 40 поступает также на конденсатор 54 дифференцирующей цепочки и открывает по входу 72 второй ключ 73, при этом суммирующий конденсатор 7I разрядится через ключ 73. Тот же сигнал управления по входу 5I через диод 76 обеспечивает на время действия входного импульса низкий потенциал на выходе 79 усилителя 78. Сигнал с выхода 6I второго инвертора открывает по входу 62 первый ключ 63, при этом ток с выхода 67 стабилизатора тока 66 заряжает суммирующий конденсатор 7I. При этом напряжение на первом выводе 70 конденсатора 7I и входе 90 усилителя-компаратора 9I ниже опорного напряжения на входе 93 усилителя-компаратора 9I и поэтому на выходе 92 усилителя-компаратора удерживается низкий уровень. За время действия входного управляющего импульса  $t_I$  (фиг.24в) суммирующий конденсатор 7I зарядится до напряжения

$$V_k = I_z \cdot t_I / C_k$$

где:  $C_k$  - емкость суммирующего конденсатора, а  $I_z$  - ток заряда (фиг.24г).

По заднему фронту входного импульса на входах 40, 5I инвертор 53 откроет третий ключ 60, инвертор 58 закроет первый ключ 63 и закроется диод 76 и на выходе 79 усилителя 78 (фиг.24з) появится уровень напряжения в зависимости от уровня напряжения на входе 45 устройства согласования 44 (фиг.24е), зависящего в свою очередь от напряжения сигнала датчика I  $V_I$  (фиг.24с). На первом выводе 70 суммирующего конденсатора 7I произойдет сложение уровней напряжений - напряжения, имевшегося на конденсаторе 7I и напряжения 79 усилителя 78 (фиг.24и). Это напряжение поступит также на вход 90 усилителя-компаратора 9I. Это напряжение выше опорного напряжения на входе 93 усилителя-компаратора 9I, на выходе 92 которого появится передний фронт выходного импульса (фиг.24к). Конденсатор 7I начнет разряжаться через третий ключ 60 током второго стабилизатора 87. При достижении на первом выводе 70 конденсатора 7I уровня напряжения, равного опорному на входе

- 42 -

93 усилителя-компаратора 9I, на выходе 92 этого усилителя будет сформирован выходной импульс (фиг.24  $f$ ). Этот импульс поступит на вход исполнительного рулевого устройства и приведет рулевые поверхности в соответствующее положение.

На левой половине временной диаграммы фиг.24 показан случай, когда  $V_I = 0$ , а на правой половине - случай, когда  $V_I < 0$  (фиг.24с).

Напряжение на выходе 46 устройства согласования 44 и на втором выводе 80 суммирующего конденсатора 7I

$$V_{2K} = V_I \cdot K_8 = K_7 \cdot A \cdot K_8,$$

где:  $K_8$  - коэффициент передачи устройства согласования.

Напряжение на первом выводе 70 суммирующего конденсатора 7I, возникающее под воздействием сигнала на входе сигналов управления в момент заднего фронта импульса сигнала управления (фиг.24  $f$ )

$$V_{IK} = I_Z / C_K \cdot t_I,$$

где:  $t_I$  - длительность импульса входного управляющего сигнала,  $I_Z$  - величина тока первого стабилизатора тока,  $C_K$  - емкость суммирующего конденсатора,  $I_Z / C_K$  - крутизна преобразования демодулятора. Например,  $t_I$  изменяется в пределах от 1,0 до 2,0 мс, что используется в наиболее распространенных системах радиуправления моделями.

Суммарное напряжение на первом выводе 70 суммирующего конденсатора 7I, возникающее под воздействием сигнала управления и сигнала датчика в момент появления заднего фронта сигнала управления (фиг.24  $f$ ),

$$U_S = U_{IK} + U_{2K} = (I_Z / C_K) \cdot t_1 + K_7 \cdot K_8 \cdot A.$$

После модуляции, происходящей за счет разряда конденсатора 7I,

$$t_2 = U_S \cdot C_K / I_Z = t_1 + (K_7 \cdot K_8 \cdot A \cdot C_K) / I_Z = t_1 + K_7 \cdot A \cdot K_0,$$

где:  $K_0 = K_8 \cdot C_K / I_Z$ ,

где:  $C_K / I_Z$  - крутизна преобразования модулятора 47.

Следует заметить, что токи первого и второго стабилизаторов равны. Такая электронная схема суммирования сигналов управления и сигнала датчика позволяет повысить надежность работы устройства при изменении параметров элементов схемы под воздействием внешних условий и старения, так как при демодуляции и модуляции участвуют одни и те же элементы. Совмещение каналов управления и стабилизации электронным способом позволяет применить только одно исполнительное рулевое устройство.

Приведенные расчеты показывают, что выходной импульс устройства суммирования есть функция угла  $A$  отклонения РЛА от горизонтального положения.

Суммирующее устройство 3 защищено от воздействия внешних факторов тем, что демодуляция, суммирование и модуляция аналоговых сигнала управления и сигнала датчика производятся на одном и том же конденсаторе 7I. Поэтому влияние изменившихся параметров схемы суммирующего устройства при демодуляции компенсируется при обратном процессе-модуляции. Кроме того, использование однотипных первого и второго стабилизаторов тока также уменьшает влияние внешних факторов.

Исполнительное рулевое устройство обычно имеет сигнальный вход и вход питания. Оно содержит электромотор и схему управления. Выходом его является вал электромотора, поворачивающийся на угол, зависящий от величины сигнала на сигнальном входе. Вал с помощью рычагов, тяг или других подобных устройств приводит в определенное положение управляющие поверхности РЛА - элероны или рули высоты. Угол поворота вала соответствует, например, длительности импульсов, поступающих на сигнальный вход исполнительного рулевого устройства. При неизменной длительности импульсов угол поворота не меняется.

Суммирующее устройство, показанное на фиг. I2, работает следующим образом. При поступлении на интегрирующее устройство 98 прямоугольного импульса управления РЛА на выходе IOI интегрирующего устройства 98 нарастает на-

- 44 -

растает напряжение до максимальной величины, определяе-  
мой . уровнем насыщения, и этот уро-  
5 вень напряжения держится до окончания прямоугольного им-  
пульса на входе, после чего начинается постепенное уме-  
ньшение величины напряжения на выходе интегрирующего уст-  
ройства до начального уровня. В зависимости от величины  
10 напряжения, поступающего от датчика и действующего на  
втором входе I03 компаратора 99, когда, в процессе нарас-  
тания напряжения, на первом входе I02 компаратора напря-  
жение станет равным напряжению на втором входе I03 компа-  
ратора, на выходе I04 компаратора образуется передний  
15 фронт выходного импульса. А когда, в процессе спадания на-  
пряжения, на первом входе I02 компаратора величина напря-  
жения станет опять меньше напряжения на втором входе I03  
компаратора, образуется задний фронт выходного импульса  
электронного суммирующего устройства. Таким образом,  
20 длительность выходного импульса зависит как от длитель-  
ности входного импульса, так и от величины напряжения  
сигнала датчика.

Следует отметить, что величина напряжения входно-  
го импульса и величина напряжения сигнала датчика должны  
25 быть взаимно согласованы, например, с помощью уст-  
ройства нормирования амплитуды входного импульса.

Изменение напряжения на входе 4 суммирующего уст-  
ройства (фиг.25а), выходе I01 интегрирующего устройства  
(фиг.25в), на втором входе I03 компаратора и выходе I04  
30 компаратора можно видеть в соответствующих точках (фиг.  
25с, 25d, 25е ) временной диаграммы, приведенной на  
фиг.25.

На фиг.13 дополнительно введено нормирующее уст-  
ройство I05, когда входной импульс не нормирован по ам-  
плитуде.

35 На фиг.14 показано интегрирующее устройство 98,  
выполненное с использованием операционного усилителя.  
Напряжение на входе I00 интегрирующего устройства 98 по-  
казано на временной диаграмме (фиг.25а) , а напряжение



- 45 -

на выходе IOI показано на фиг.25в.

5 На фиг.26 показана временная диаграмма работы суммирующего устройства (фиг.12) с интегрирующим устройством 98, выполненным с использованием RC-цепочки. Такое устройство работает так же, как устройство с операционным усилителем, но напряжение на выходе IOI интегрирующего устройства 98 имеет другую форму и показано на графике  
10 на временной диаграмме на фиг.26б.

В этом случае длительность входного импульса не может быть меньше, чем длительность заряда конденсатора практически до насыщения.

15 На фиг.26 видно, что при трех разных уровнях напряжения датчика (фиг.26в) при одном и том же входном импульсе (фиг.26а) получаются три разных по длительности выходных импульса (фиг.26с, 26д, 26е).

На фиг. 15, 16, 17, 18, 19 показаны дифференцирующие и интегрирующие звенья корректирующего узла II2  
20 (фиг.15), осуществляющего частотную коррекцию сигнала датчика перед суммированием его с сигналом управления РЛА.

Работа дифференцирующих звеньев II3, II4 корректирующего узла II2 приводит к тому, что в первый момент после появления сигнала на выходе датчика I на входе 5 суммирующего устройства 3 и исполнительного рулевого устройства действует большой сигнал, который заставляет РЛА  
25 быстрее реагировать на возникшее отклонение РЛА от горизонтального положения.

30 Воздействие интегрирующего звена II5 можно пояснить следующим образом. После возникновения сигнала датчика положения РЛА, под воздействием управляющих поверхностей исполнительного рулевого устройства РЛА стремится занять такое положение, чтобы уменьшить сигнал датчика.  
35 Однако, на начальном этапе остается некоторый небольшой сигнал датчика, который является сигналом ошибки - сигналом неполной стабилизации положения РЛА. Этот сигнал ошибки накапливается в течение некоторого времени в интегри-

рующей цепочке. Сигнал, поступающий на исполнительное ру-  
левое устройство, нарастает и под воздействием управляющих  
5 поверхностей результирующая ошибка положения РЛА относи-  
тельно горизонта уменьшается.

На частотах выше 15 Гц, которые находятся выше ра-  
бочих частот, коэффициент передачи корректирующего узла  
II2 ограничен за счет резистивноемкостной отрицательной  
10 обратной связи усилителя. При отсутствии такой обратной  
связи большое усиление на высоких частотах могло бы на-  
рушить нормальную работу усилителя и всего устройства.

Работа корректирующего узла улучшает полет РЛА,  
его устойчивость, хотя некоторые РЛА, благодаря своим  
15 аэродинамическим свойствам, могут осуществлять полет в  
условиях стабилизации сигналом оптического датчика и без  
частотной коррекции этого сигнала.

Работа УС с использованием микропроцессора (фиг.  
20, 21, 22, 23) осуществляется следующим образом.

20 Оператор на Земле перед полетом вводит в память  
микропроцессора необходимую информацию или вся необходи-  
мая информация или ее часть может находиться в постоянной  
памяти микропроцессора. В данном случае, в качестве приме-  
ра, имеются в виду сигналы и устройства, обычно использу-  
25 емые в авиамоделизме.

Записывается следующая информация:

I. Максимальное значение приращения  $\Delta t_{\max}$  сиг-  
нала на выходе 7 УС, на входе исполнительного рулевого  
устройства, соответствующего максимально возможному углу  
30  $\Gamma_{\max}$  отклонения управляющих поверхностей исполнитель-  
ного рулевого устройства при сигнале управления, соответ-  
ствующем нейтральному положению управляющих поверхностей.  
Это значение  $\Delta t_{\max}$  устанавливается экспериментально  
для конкретного РЛА.

35 2. Максимальное напряжение  $U_{\max}$  на выходе датчи-  
ка положения РЛА относительно горизонта, которое устана-  
вливается экспериментально для используемого датчика.

3. Длительность импульса синхронизации  $T_5$  в канале управления РЛА, поступающего из приемника.

5 4. Коэффициент режима стабилизации положения РЛА  $K_4$  ( $0 < K_4 < 1$ ), значение выбирается оператором в зависимости от поставленной задачи, квалификации оператора, погодных условий и т.п. (Если используется управление режимом стабилизации положения РЛА).

10 5. Если в полете будет использоваться сигнал управления режимом стабилизации, поступающий от оператора с Земли, то перед полетом в микропроцессор записывается функция  $K_5 = f(t_3)$  (например, в виде таблицы или простейшей динсейной функции), где  $K_5$  - коэффициент степени  
15 воздействия сигнала датчика и  $0 < K_5 < 1$ , а  $t_3$  - значение сигнала управления режимом стабилизации, например, длительность, импульса сигнала управления режимом стабилизации положения РЛА.

20 6. Если применяется частотная коррекция сигнала датчика, то записываются постоянные времени  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ , выбранные оператором из следующих условий:  
 $0,5с > T_1 > 0,05с$ ,  $0,5с > T_2 > 0,03с$ ,  $1,5с > T_3 > 0,5с$ ,  
 $0,05с > T_4 > 0,005с$ .

25 7. Пределы изменения параметров команд и сигналов, в том числе, сигнала управления двигателем.

В микропроцессор может также записываться программа управления полетом в аварийных ситуациях и программа  
контроля параметров и сигналов управления путем сравнения  
их с заданными допустимыми ограничениями, хранящимися в  
30 памяти микропроцессора.

В полете микропроцессор обнаруживает и рашифровывает поступающие команды управления и сигналы датчика и  
формирует (в соответствии с приведенным ранее алгоритмом  
работы) команды для исполнительного рулевого устройства  
35 и двигателя.

В случае обнаружения каких-то отклонений от штатной ситуации, включается программа управления полетом в аварийной ситуации.

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРИМЕНИМОСТЬ

5 Предлагаемое изобретение может быть использовано на радиоуправляемых летательных аппаратах, преимущественно летающих на низких высотах (в приземном слое атмосферы).

10 Устройство, соответствующее изобретению, устанавливается на летающем аппарате, например, на авиамodelях, которые обычно используются в соревнованиях авиамodelистов, или для хозяйственного использования, например, в сельскохозяйственной авиации для распыления химических и иных веществ над полями.

15 При этом устройство согласно изобретению подключается обычно к стандартным разъемам, имеющимся на летательном аппарате, что упрощает применение изобретения. При этом не требуется обычно для подключения устройства стабилизации изменения конструкции летательного аппарата или схемы управления, имеющейся на летательном аппарате.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

- 5            I. Способ стабилизации положения радиоуправляемо-  
го летательного аппарата, заключающийся в том, что  
          принимают электрический сигнал управления РЛА,  
          формируют электрический сигнал углового положения  
10 РЛА относительно горизонта с помощью датчика с чувстви-  
тельными элементами,  
          причем импульс сигнала управления РЛА несет инфо-  
рмацию о команде управления, а величина напряжения сигнала  
углового положения РЛА относительно горизонта несет  
15 информацию об отклонении РЛА от горизонтального положе-  
ния РЛА,  
          а затем суммируют электрический сигнал управления  
РЛА и сигнал углового положения РЛА относительно горизон-  
та, причем суммированный сигнал выдают в качестве ново-  
20 го сигнала управления РЛА, о т л и ч а ю щ и с я тем,  
          получают сигнал управления режимом стабилизации,  
определяющий степень воздействия сигнала углового поло-  
жения РЛА относительно горизонта на рулевые устройства  
РЛА,  
25            изменяют пропорционально сигналу управления режи-  
мом стабилизации сигнал углового положения РЛА относите-  
льно горизонта перед суммированием его с сигналом управ-  
ления РЛА.
- 30            2. Способ по п. I, о т л и ч а ю щ и с я тем,  
          что  
          сигнал управления режимом стабилизации получают в  
          виде импульса напряжения определенной длительности, ве-  
          личина которой пропорциональна степени воздействия сиг-  
35 нала углового положения РЛА относительно горизонта на  
положение РЛА,  
          преобразуют импульс сигнала управления режимом  
стабилизации в напряжение постоянной величины, пропорцио-

- 50 -

нальное указанной длительности импульса,  
и умножают указанное напряжение постоянной величин  
5 на напряжение сигнала углового положения РЛА относительно горизонта.

3. Способ стабилизации положения РЛА, заключающийся в том, что  
10 принимают электрический сигнал управления РЛА, формируют электрический сигнал углового положения РЛА относительно горизонта с помощью датчика с чувствительными элементами,  
15 причем импульс сигнала управления РЛА несет информацию о команде управления, а величина напряжения сигнала углового положения РЛА относительно горизонта несет информацию об отклонении РЛА от горизонтального положения РЛА,

а затем суммируют электрически сигнал управления  
20 РЛА и сигнал углового положения РЛА относительно горизонта,

причем суммированный сигнал выдают в качестве нового сигнала управления РЛА, отличающийся тем, что  
25 для указанного суммирования преобразуют импульс сигнала управления РЛА в напряжение постоянной величины, пропорциональной длительности импульса сигнала управления РЛА, несущей информацию о команде управления РЛА,

электрическое суммирование сигналов осуществляют  
30 путем сложения величины напряжения, пропорциональной длительности сигнала управления РЛА, и величины напряжения сигнала углового положения РЛА относительно горизонта, а результирующее после суммирования напряжение преобразуют в результирующий импульс, длительность которого пропорциональна величине результирующего напряжения.  
35

4. Способ стабилизации положения РЛА, заключающийся в том, что

- 5I -

принимают прямоугольный электрический сигнал управления РЛА,

5        формируют электрический сигнал углового положения РЛА относительно горизонта с помощью датчика с чувствительными элементами,

10        причем длительность импульса сигнала управления РЛА несет информацию о команде управления, а величина напряжения сигнала углового положения РЛА относительно горизонта несет информацию об отклонении РЛА от горизонтального положения РЛА,

а затем суммируют электрически сигнал управления РЛА и сигнал углового положения РЛА относительно горизонта,

15        причем суммированный сигнал выдают в качестве нового сигнала управления РЛА, отличающийся тем, что

20        для электрического суммирования указанных сигналов интегрируют поступающий прямоугольный импульс сигнала управления РЛА, длительность которого соответствует команде управления РЛА,

сравнивают результирующее напряжение, возникающее в ходе и после интегрирования с напряжением сигнала датчика,

25        формируют передний фронт выходного импульса, когда результирующее нарастающее в ходе интегрирования напряжение достигает уровня напряжения сигнала датчика,

30        и формируют задний фронт выходного импульса, когда результирующее спадающее напряжение после интегрирования снижается до уровня напряжения сигнала углового положения РЛА относительно горизонта.

5. Способ стабилизации положения РЛА, заключающийся в том, что

35        принимают электрический сигнал управления РЛА, формируют электрический сигнал углового положения РЛА относительно горизонта с помощью датчика с чувстви-

- 52 -

тельными элементами,

5           причем импульс сигнала управления РЛА несет информацию о команде управления, а величина напряжения сигнала углового положения РЛА относительно горизонта несет информацию об отклонении РЛА от горизонтального положения РЛА,

10           а затем суммируют электрически сигнал управления РЛА и сигнал углового положения РЛА относительно горизонта,

          причем суммированный сигнал выдают в качестве нового сигнала управления РЛА, отличающийся тем, что

15           производят частотную коррекцию сигнала углового положения РЛА относительно горизонта перед суммированием.

6. Устройство стабилизации положения РЛА, содержащее

20           датчик углового положения РЛА относительно горизонта с активным или пассивным чувствительным элементом, вход сигналов управления РЛА,

25           электронное суммирующее устройство с управляющим и сигнальным входами,

          причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к управляющему входу указанного суммирующего устройства, выход датчика углового положения РЛА относительно горизонта подсоединен к сигнальному входу указанного суммирующего устройства,

30           а выход суммирующего устройства является выходом устройства управления и стабилизации положения РЛА, отличающееся тем, что оно содержит

35           вход сигнала управления режимом стабилизации положения РЛА и

          аттенюатор с управляющим и сигнальным входами,

          причем вход сигнала управления режимом стабилизации подключен к управляющему входу аттенюатора, аттенюатор включен между датчиком и суммирующим устройством так,



- 53 -

5 что выход датчика подключен к сигнальному входу аттенюатора, а выход аттенюатора подключен к сигнальному входу суммирующего устройства.

7. Устройство по п.6, отличающееся тем, что оно содержит преобразователь сигнала управления режимом стабилизации в напряжение, включенный между входом сигнала управления режимом стабилизации и управляющим входом аттенюатора, а в качестве аттенюатора используется аналоговый умножитель.

15 8. Устройство по п.п.6,7, отличающееся тем, что оно содержит узел установки режима стабилизации, выход которого подключен ко входу сигнала управления режимом стабилизации.

20 9. Устройство стабилизации положения РЛА, содержащее датчик углового положения РЛА относительно горизонта с пассивным чувствительным элементом и входом питания, вход сигналов управления РЛА, электронное суммирующее устройство с управляющим и сигнальным входами, причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к управляющему входу указанного суммирующего устройства, выход датчика углового положения РЛА относительно горизонта подсоединен к сигнальному входу указанного суммирующего устройства, а выход суммирующего устройства является выходом устройства стабилизации положения РЛА, отличающееся тем, что содержит

25  
30  
35

- 54 -

- вход сигнала управления режимом стабилизации положения РЛА,  
5 преобразователь сигнала управления режимом стабилизации в напряжение, величина которого соответствует заданному режиму,  
причем вход сигнала управления режимом стабилизации подключен ко входу указанного преобразователя,  
10 выход указанного преобразователя подключен ко входу питания  
пассивного чувствительного элемента датчика.
10. Устройство стабилизации положения РЛА, содержащее  
15 датчик углового положения РЛА относительно горизонта с чувствительным элементом,  
вход сигналов управления РЛА,  
электронное суммирующее устройство управляющим и  
20 сигнальным входами,  
причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к управляющему входу указанного суммирующего устройства,  
выход датчика углового положения РЛА относительно горизонта подсоединен к сигнальному входу указанного суммирующего устройства, а  
25 выход суммирующего устройства является выходом устройства стабилизации положения РЛА,  
отличающееся от того, что содержит  
вход сигнала управления режимом стабилизации положения РЛА,  
30 преобразователь сигнала управления режимом стабилизации в постоянное напряжение, величина которого соответствует режиму стабилизации, и  
управляемый шунтирующий элемент, имеющий управляющий вход,  
35 причем выход сигнала управления режимом стабилизации подключен ко входу преобразователя,

- 55 -

выход преобразователя подключен к управляющему  
5 входу шунтирующего элемента, а  
шунтирующий элемент подключен к чувствительному  
элементу датчика.

II. Устройство стабилизации положения радиоуправ-  
ляемого летательного аппарата (РЛА), содержащее  
10 датчик углового положения РЛА относительно гори-  
зонта с чувствительным элементом,  
вход сигналов управления РЛА,  
электронное суммирующее устройство с управляющим  
и сигнальным входами,  
15 причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к  
управляющему входу указанного суммирующего устройства,  
выход датчика углового положения РЛА относительно  
горизонта подсоединен к сигнальному входу указанного сум-  
мирующего устройства, а  
20 выход суммирующего устройства является выходом  
устройства стабилизации положения РЛА,  
отличающееся тем, что  
суммирующее устройство содержит  
демодулятор-сумматор с управляющим и сигнальным  
25 входами и с управляющим и сигнальным выходами,  
устройство согласования с управляющим и сигналь-  
ным входами и  
модулятор с управляющим и сигнальным входами,  
причем выход устройства согласования подключен к  
30 сигнальному входу демодулятор-сумматора, управляющий вы-  
ход которого подключен к управляющему входу модулятора,  
сигнальный выход демодулятора-сумматора подключен к сиг-  
нальному входу модулятора, выход которого является выхо-  
дом суммирующего устройства, а вход сигналов управления  
35 подключен к управляющим входам демодулятора-сумматора и  
устройства согласования, сигнальный вход которого являе-  
тся сигнальным входом суммирующего устройства.

- 56 -

12. Устройство по п. II, отличающееся тем, что

- 5 демодулятор-сумматор содержит  
первый и второй инверторы,  
первый стабилизатор тока с входом и выходом,  
первый и второй ключи с управляющими входами и  
сигнальными входами и выходами,  
10 суммирующий конденсатор с первым и вторым выводами,  
дифференцирующую цепочку из конденсатора и резистора,  
устройство согласования содержит  
усилитель с резисторной отрицательной обратной  
15 связью, сигнальным и опорным входами и первым источником  
опорного напряжения,  
диод,  
модулятор содержит  
третий ключ с управляющим входом и сигнальным входом и выходом,  
20 второй стабилизатор тока со входом и выходом,  
усилитель-компаратор с сигнальным и опорным входами и вторым источником опорного напряжения,  
причем вход демодулятора-сумматора подключен к  
25 первому инвертору, выход которого подключен ко второму  
инвертору и управляющему входу третьего ключа, выход  
второго инвертора подключен к управляющему входу первого  
ключа, вход первого стабилизатора тока подключен к полюсу  
источника питания с положительным потенциалом, выход  
30 первого стабилизатора подключен к сигнальному входу первого  
ключа, сигнальный выход которого подключен к первому  
выводу суммирующего конденсатора, дифференцирующая  
цепочка включена между управляющим входом демодулятора-сумматора и управляющим входом второго ключа, который через  
35 сигнальный вход и выход подсоединен параллельно суммирующему конденсатору, диод подключен между управляющим входом устройства согласования и сигнальным входом усилителя с резисторной отрицательной обратной связью, к

- 57 -

5 которому также через резистор подключен сигнальный вход  
устройства согласования, к опорному входу усилителя с  
резисторной отрицательной обратной связью подключен пер-  
вый источник опорного напряжения, выход усилителя с ре-  
зисторной отрицательной обратной связью подключен ко вто-  
рому выводу суммирующего конденсатора, сигнальный вход  
10 третьего ключа подсоединен к первому выводу суммирующего  
конденсатора, сигнальный выход третьего ключа присоеди-  
нен ко входу второго стабилизатора тока, выход которого  
подключен к полюсу источника питания с нулевым потенциа-  
лом, первый вывод суммирующего конденсатора подключен к  
15 неинвертирующему входу усилителя-компаратора, инвертирую-  
щий вход которого подключен ко второму источнику опорно-  
го напряжения, а выход усилителя-компаратора является вы-  
ходом суммирующего устройства.

20 И3. Устройство стабилизации положения РЛА,  
содержащее

датчик углового положения РЛА относительно гори-  
зонта с активным или пассивным чувствительным элементом,  
вход сигналов управления РЛА,

25 электронное суммирующее устройство с управляющим и  
сигнальным входами,

причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к  
управляющему входу указанного суммирующего устройства,  
выход датчика углового положения РЛА относительно гори-  
зонта подсоединен к сигнальному входу указанного сумми-  
30 рующего устройства, а выход суммирующего устройства явля-  
ется выходом устройства стабилизации положе-  
ния РЛА, отличающееся тем, что

электронное суммирующее устройство содержит  
интегрирующее устройство и  
35 компаратор,

причем вход сигналов управления РЛА подключен ко  
входу интегрирующего устройства, выход интегрирующего  
устройства подсоединен к первому из входов компаратора, а

- 58 -

5 второй вход компаратора является сигнальным входом электронного суммирующего устройства, выход компаратора является выходом суммирующего устройства.

10 I4. Устройство по п. I3, отличающееся тем, что интегрирующее устройство содержит операционный усилитель, резистор и конденсатор, причем вход интегрирующего устройства подключен через резистор к инвертирующему входу операционного усилителя, к которому подключен конденсатор, другой вывод которого подключен к выходу операционного усилителя, а не-  
15 инвертирующий вход операционного усилителя подключен к опорному напряжению, равному половине амплитуды напряжения сигнала управления РЛА,

20 I5. Устройство по п. I3, отличающееся тем, что интегрирующее устройство содержит резистор и конденсатор, вход сигналов управления РЛА подключен ко входу интегрирующего устройства, подключенному через резистор  
25 к выходу интегрирующего устройства, а конденсатор подключен между выходом интегрирующего устройства и нулевым потенциалом, причем постоянная времени  $T=RC$  меньше минимальной длительности прямоугольного импульса сигнала управления РЛА, где  $R$  – сопротивление указанного резистора, а  $C$  –  
30 емкость указанного конденсатора.

I6. Устройство стабилизации положения РЛА, содержащее  
35 датчик углового положения РЛА относительно горизонта с активным или пассивным чувствительным элементом, вход сигналов управления РЛА, электронное суммирующее устройство с управляющим и

- 59 -

сигнальным входами,

5           причем вход сигналов управления РЛА подсоединен к  
управляющему входу указанного суммирующего устройства,  
выход датчика углового положения РЛА относительно гори-  
зонта подсоединен к сигнальному входу указанного сумми-  
рующего устройства, а выход суммирующего устройства яв-  
ляется выходом устройства стабилизации поло-  
10       жения РЛА, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что  
          между датчиком углового положения РЛА относитель-  
но горизонта и электронным суммирующим устройством вклю-  
чен корректирующий узел.

15           I7. Устройство по п. I6, о т л и ч а ю щ е е с я  
тем, что  
          корректирующий узел содержит первое дифференциру-  
ющее звено.

20           I8. Устройство по п. I7, о т л и ч а ю щ е е с я  
тем, что  
          первое дифференцирующее звено имеет передаточную  
функцию вида

25           
$$W_I(p) = K_I(1 + T_I \cdot p),$$

где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_I$  - коэффициент передачи пер-  
вого дифференцирующего звена, а  $T_I$  - постоянная времени,  
причем  $0,5с > T_I > 0,05с$ .

30           I9. Устройство по п. I7, о т л и ч а ю щ е е с я  
тем, что  
          корректирующий узел содержит второе дифференциру-  
ющее звено.

35           20. Устройство по п. I9, о т л и ч а ю щ е е с я  
тем, что  
          второе дифференцирующее звено имеет передаточную  
функцию вида

- 60 -

$$W_2(p) = K_2(I + T_2 \cdot p),$$

5 где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_2$  - коэффициент передачи второго дифференцирующего звена,  $T_2$  - постоянная времени, причем  $0,5 \text{ с} > T_2 > 0,03 \text{ с}$ .

10 21. Устройство по п.19, отличающееся тем, что  
корректирующий узел содержит интегрирующее звено, подключенное параллельно второму дифференцирующему звену.

15 22. Устройство по п.21, отличающееся тем, что  
интегрирующее звено имеет передаточную функцию вида

$$W_3(p) = K_3 / (I + T_3 \cdot p),$$

20 где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_3$  - коэффициент передачи интегрирующего звена,  $T_3$  - постоянная времени, причем  $1,5 \text{ с} > T_3 > 0,5 \text{ с}$ .

25 23. Устройство по п.19, отличающееся тем, что  
каждое дифференцирующее звено содержит усилитель с отрицательной обратной связью и корректирующую цепочку из параллельно соединенных резистора и конденсатора, подключенную между входом дифференцирующего звена и входом указанного усилителя.

30

24. Устройство по п.23, отличающееся тем, что  
в цепи отрицательной обратной связи усилителя  
35 включены параллельно соединенные резистор и конденсатор, причем передаточные функции первого и второго дифференцирующих звеньев соответственно имеют вид

$$W_{12}(p) = K_1(I + T_1 p) / (I + T_4 p),$$



- 6I -

$$W_{22}(p) = K_2(I + T_2 \cdot p) / (I + T_4 \cdot p),$$

5 где  $p$  - оператор Лапласа,  $K_1$ ,  $K_2$  - коэффициенты передачи первого и второго дифференцирующих звеньев, соответственно,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_4$  постоянные времени, причем  $0,5с > T_1 > 0,05с$ ,  $0,5с > T_2 > 0,03с$ ,  $0,05с > T_4 > 0,005с$ .

10 25. Устройство по п.17, отличающееся тем, что  
первое дифференцирующее звено имеет передаточную функцию вида

$$W_I(p) = K_I(I + T_I \cdot p),$$

15 где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_I$  - коэффициент передачи первого дифференцирующего звена, а  $T_I$  - постоянная времени, причем  $0,5с > T_I > 0,05с$ ,

20 а второе дифференцирующее звено и параллельное ему интегрирующее звено выполнены в виде усилителя с отрицательной обратной связью, содержащей параллельно соединенные первый резистор и первый конденсатор,

25 причем ко входу усилителя подсоединена корректирующая цепочка, состоящая из второго и третьего резистора и второго и третьего конденсатора, а второй конденсатор подсоединен параллельно с последовательно соединенными вторым и третьим резисторами, общая точка соединения которых подключена к первому выводу третьего конденсатора, второй вывод которого подсоединен к полюсу источника питания с нулевым потенциалом,

30 причем передаточная функция параллельно соединенных второго дифференцирующего и интегрирующего звена имеет вид

$$W_{23}(p) = K_{23} [T_2 p + 1 / (I + T_3 p)] / (I + T_4 p),$$

35 где:  $p$  - оператор Лапласа,  $K_{23}$  - коэффициент передачи параллельно соединенных второго дифференцирующего и интегрирующего звеньев,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  - постоянные времени,

- 62 -

причем  $0,5с > T_2 > 0,03с$ ,  $1,5с > T_3 > 0,5с$  и  
 $0,05с > T_4 > 0,005с$ .

5

26. Устройство стабилизации положения РЛА,  
содержащее  
вход сигналов управления РЛА и  
датчик углового положения РЛА относительно гори-  
зонта, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что оно содержит  
аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и  
микропроцессор с памятью, причем вход сигналов  
управления РЛА подключен микропроцессору, выход датчика  
положения РЛА подключен через АЦП к микропроцессору, а  
выход микропроцессора является выходом управления РЛА.

10

15

27. Устройство по п.26, о т л и ч а ю щ е е с я  
тем, что оно содержит  
вход управления режимом стабилизации положения  
РЛА, подключенный к микропроцессору.

20

28. Устройство по п.27, о т л и ч а ю щ е е с я  
тем, что оно содержит узел установки режима стабилизации  
положения РЛА, подключенный ко входу управления режимом  
стабилизации положения РЛА.

25

29. Устройство по п.26, о т л и ч а ю щ е е с я  
тем, что оно содержит  
вход и выход управления двигателем РЛА, подклю-  
ченные к микропроцессору.

30

1/10

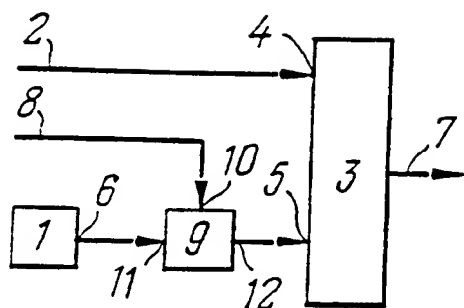


FIG. 1

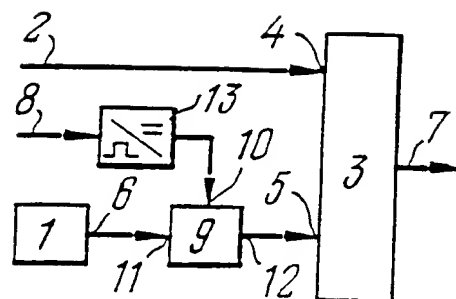


FIG. 2

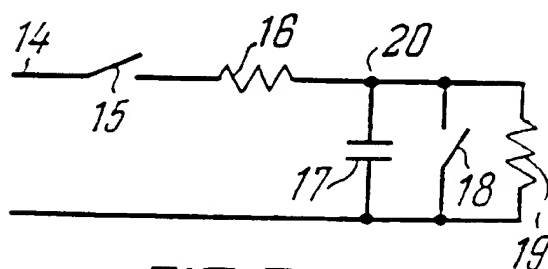


FIG. 3

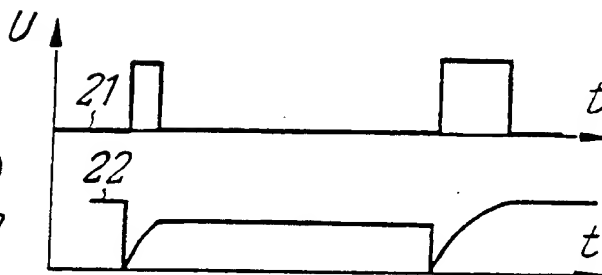


FIG. 4

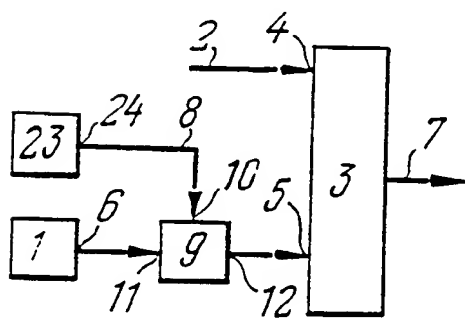


FIG. 5

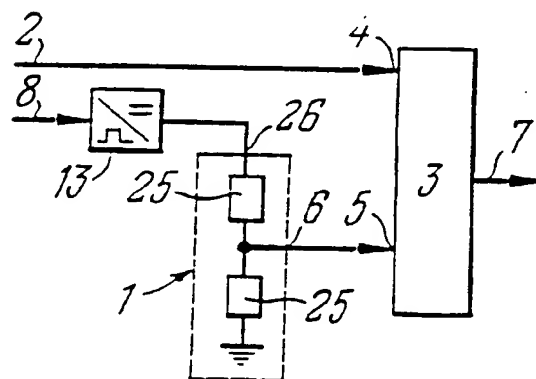


FIG. 6

2/10

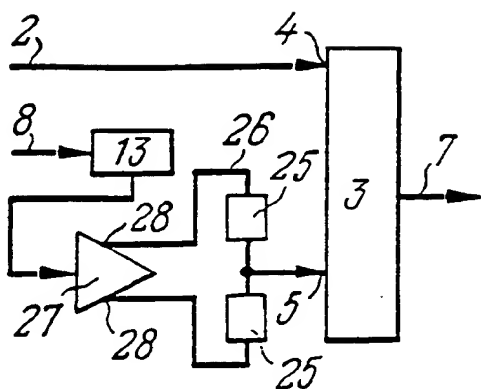


FIG. 7

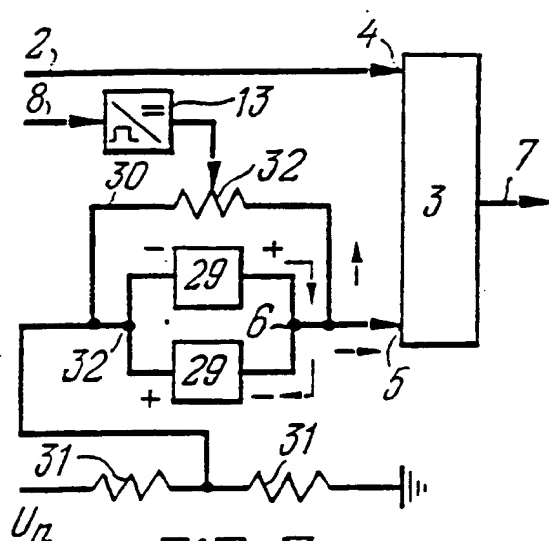


FIG. 8

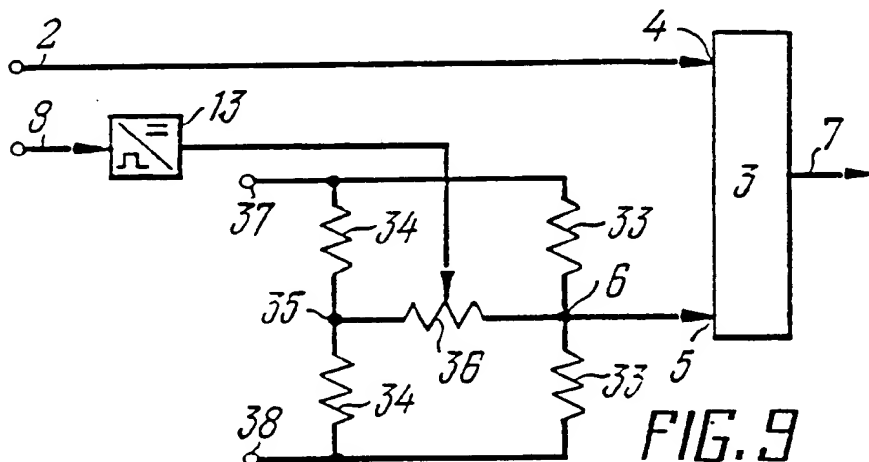


FIG. 9

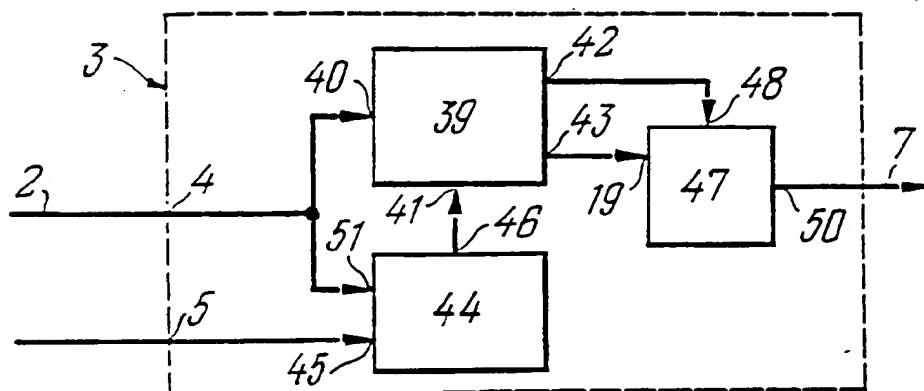


FIG. 10

3  
10

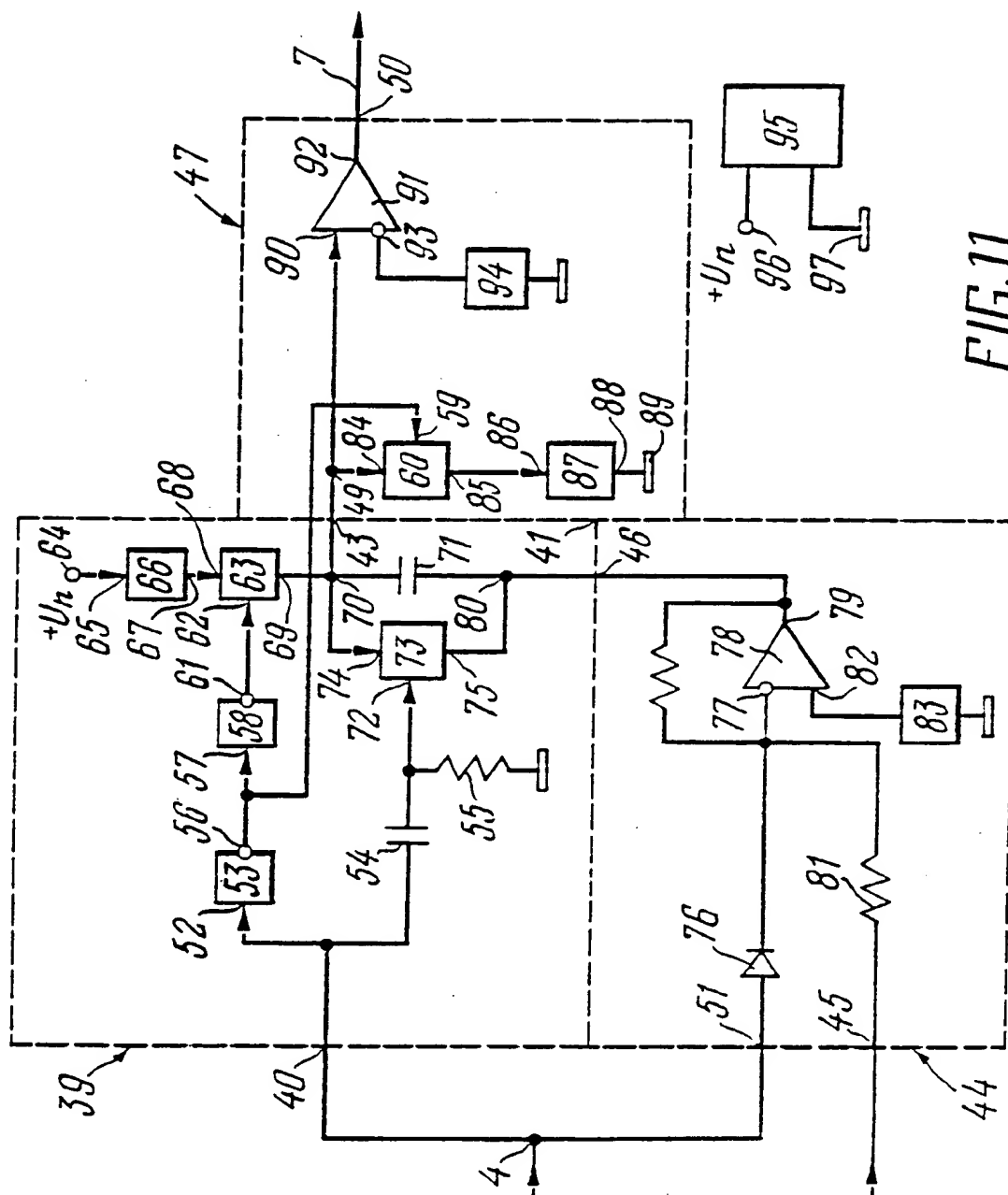


FIG. 11

4/10

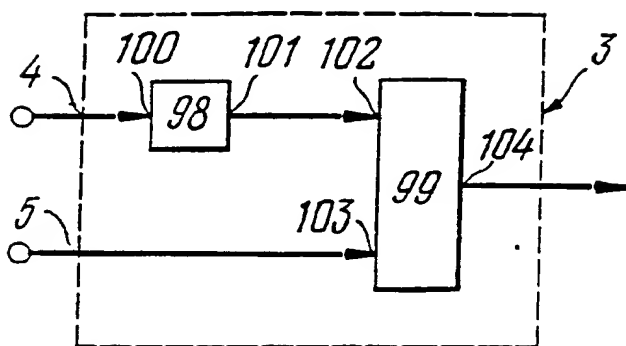


FIG. 12

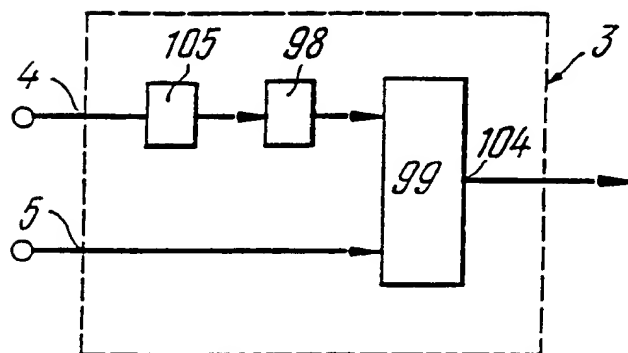


FIG. 13

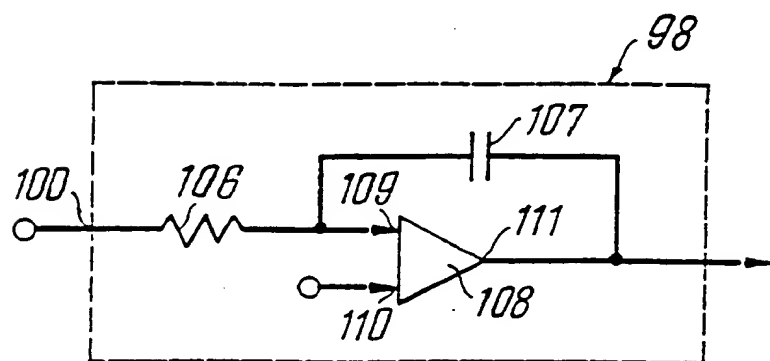


FIG. 14

5/10

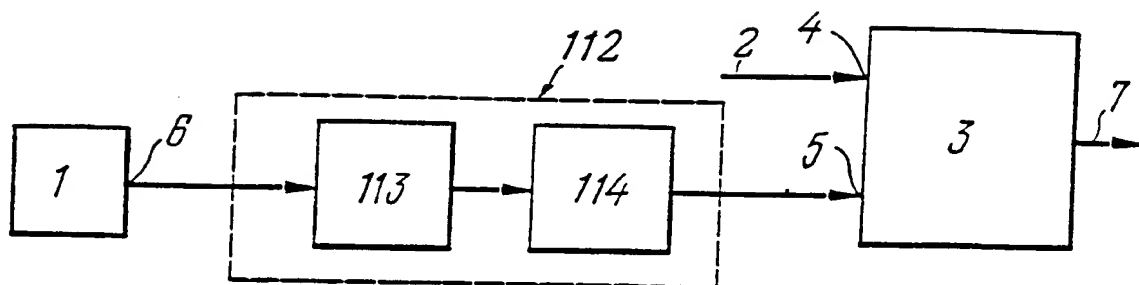


FIG. 15

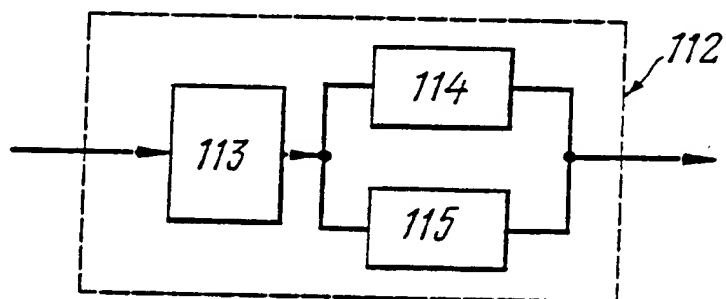


FIG. 16

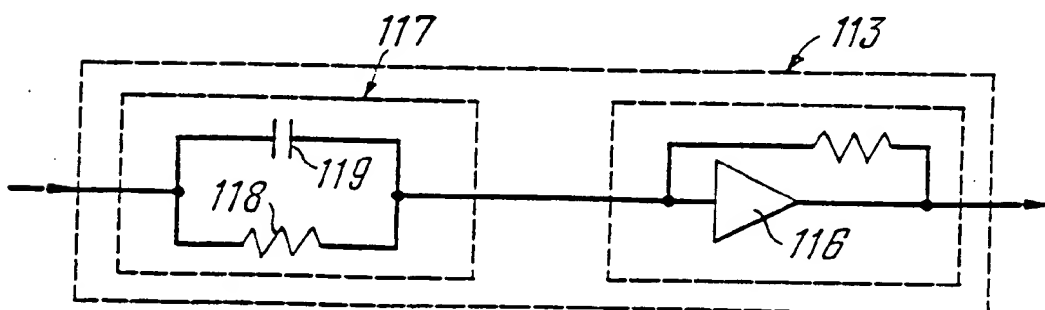


FIG. 17

6/10

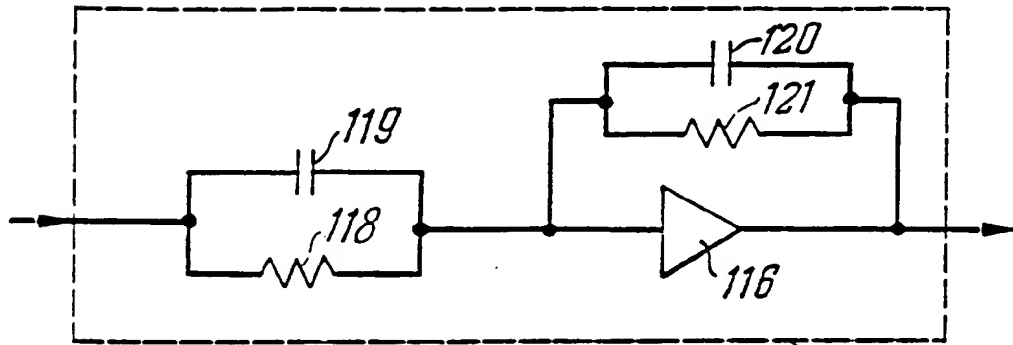


FIG. 18

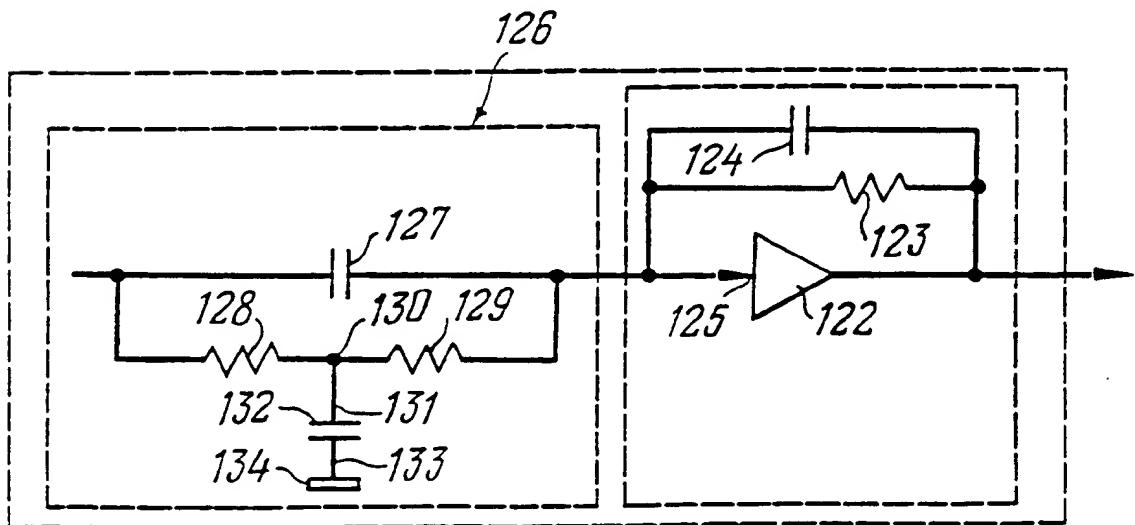
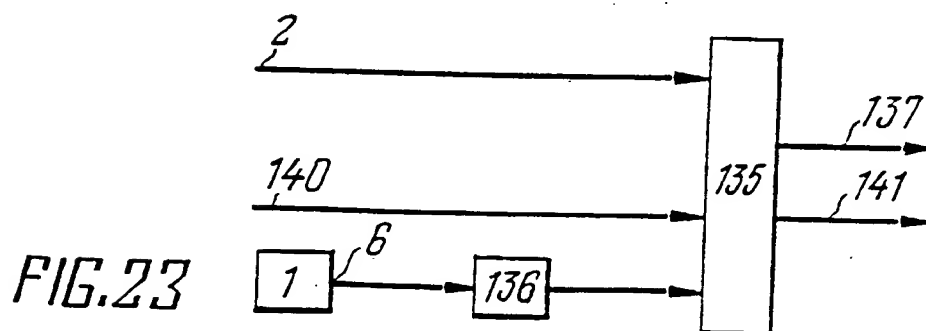
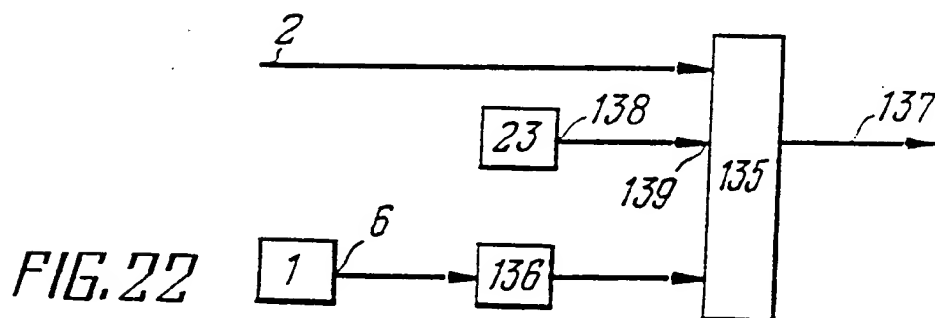
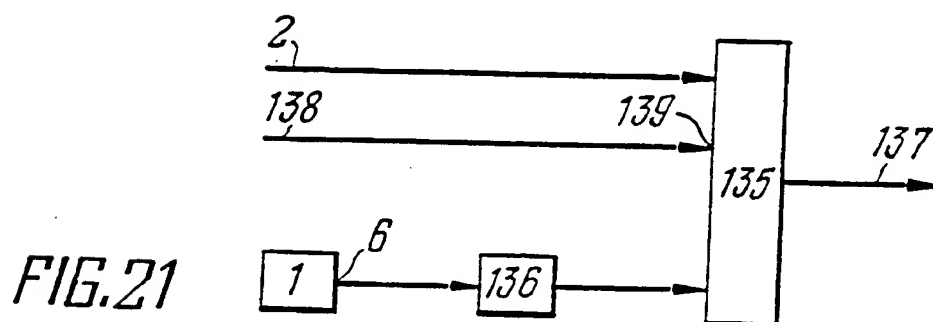
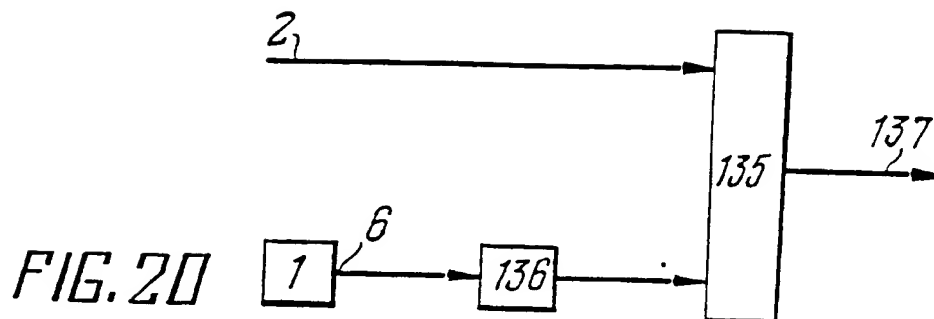


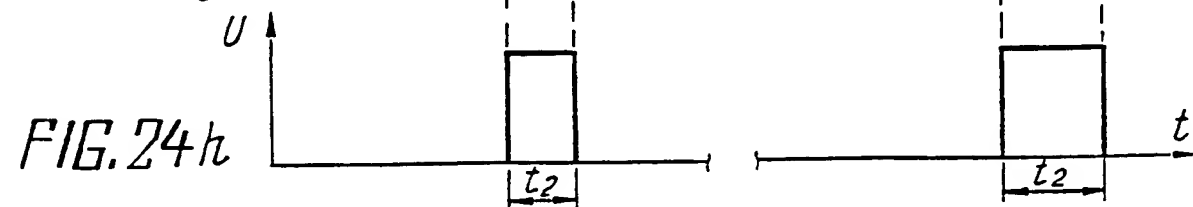
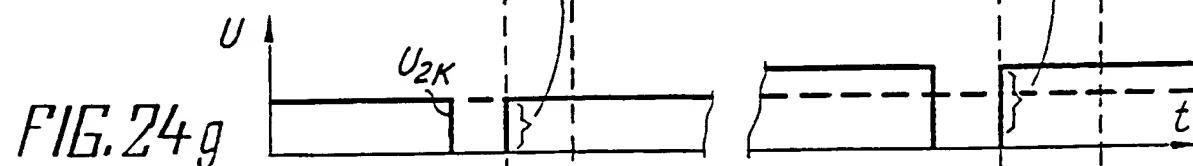
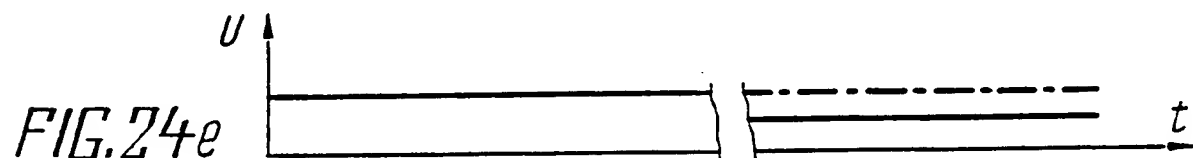
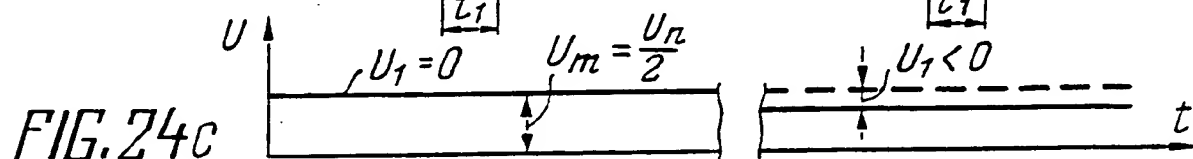
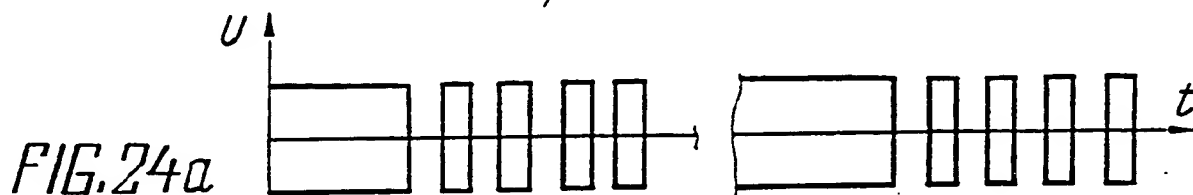
FIG. 19

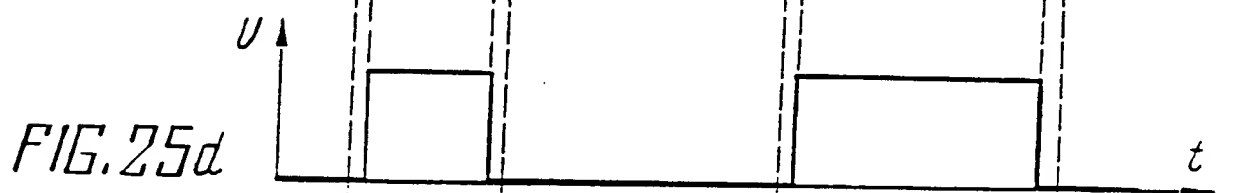
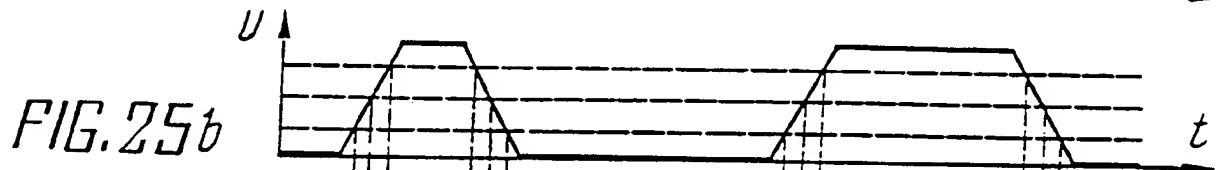


7/10

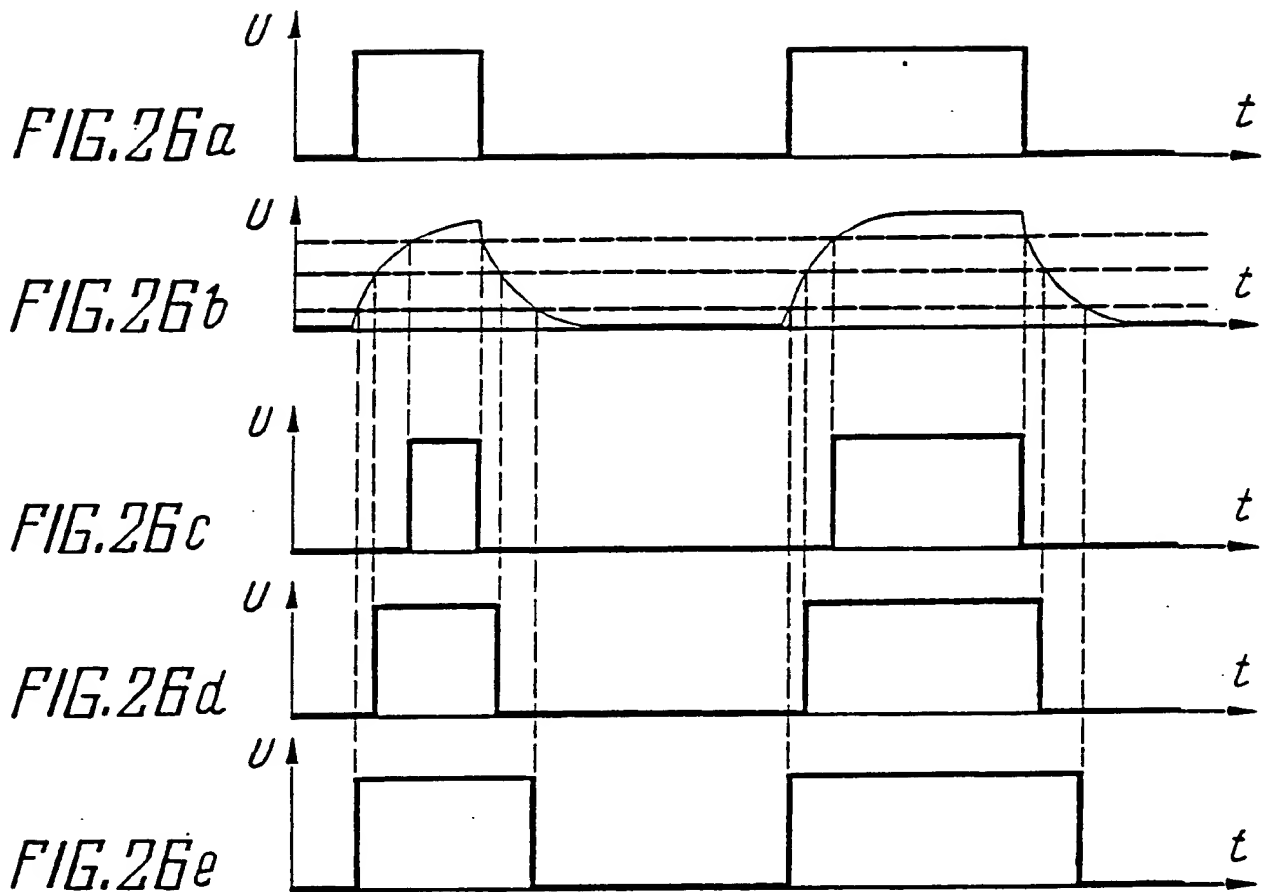


8/10



$\frac{9}{10}$ 

10/10



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 93/00238

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.5 B64C 13/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.5 B64C 13/00, 13/18, 13/50, G05D 1/00, F41G 7/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB, B, 1218112 (SPERRY RAND CORPORATION) 6 January 1971 (06.01.71)	1
A	US, A, 3512737 (BENDIX CORPORATION) 19 May 1970 (19.05.70)	1
A	SU, A1, 496536 (G.B. VORONOV et al) 11 March 1976 (11.03.76)	1-2,5,16, 17
A	DE, A1, 3420076 (SACHS, GOTTFRIED) 5 December 1985 (05.12.85)	29
A	A.A. Lebev et al. "Dinamika sistem upravlenia Cespilotnymi letatelnyimi apparatami" 1965, Mashinostroenie (Moscow), pages 162-163, 220-221	1-2,5,16
A	A.S. Novoselov et al. "Sistemy adaptivnogo upravlenia letatelnyimi apparatami", 1987, Mashinostroenie (Moscow), pages 27-28	26

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 January 1994 (31.01.94)

Date of mailing of the international search report

18 February 1994 (18.02.94)

Name and mailing address of the ISA/

ISA/RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 93/238

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	"Sistemy tsifrovogo upravleniya samoletom", pod zed. A.D. Alexandrova, 1983, Mashinostroenie, (Moscow) page 12 -----	26

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка No  
PCT/RU93/00238

## А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

В 64С 13/00

Согласно Международной патентной классификации (МКИ-5)

## В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (Система классификации и индексы): МКИ-5 В 64С 13/00, 13/18, 13/50, G05D 1/00, F41G 7/28

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):

## С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	GB, B, 1218112 (SPERRY RAND CORPORATION), 6 января 1971 (06.01.71)	1
A	US, A, 3512737 (BENDIX CORPORATION), 19 мая 1970 (19.05.70)	1
A	SU, A1, 496536 (Г.Б. ВОРОНОВ и другие), 11 марта 1976 (11.03.76)	1-2, 5, 16, 17

☒ последующие документы указаны в продолжении графы С ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

\* Особые категории ссылочных документов:  
 "А" - документ, определяющий общий уровень техники.  
 "Е" - более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее.  
 "О" - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.  
 "Р" - документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета.

"Т" - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения.  
 "Х" - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень.  
 "У" - документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории.  
 "&" - документ, являющийся патентом-аналогом.

Дата действительного завершения международного поиска  
31 января 1994 (31.01.94)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске  
02 февраля 1994 (18.02.94)

Наименование и адрес Международного поискового органа:  
 Всероссийский научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы, Россия, 121858, Москва, Бережковская наб. 30-1  
 факс (095) 243-33-37, телетайп 114818 ПОДАЧА

Уполномоченное лицо:

Т.Т.Туманова

тел. (095) 240-58-22

## ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка No.

PCT/RU 93/00238

## С. (Продолжение) ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	DE, A1, 3420076 (SACHS, GOTTFRIED), 5 декабря 1985 (05.12.85)	29
A	А.А.ЛЕБЕДЕВ и др. "Динамика систем управления беспилотными летательными аппаратами", 1965, Машиностроение, (Москва), сс. 162-163, 220-221	1-2, 5, 16
A	А.С. НОВОСЕЛОВ и др. "Системы адаптивного управления летательными аппаратами", 1987 Машиностроение, (Москва), сс. 27-28	26
A	"Системы цифрового управления самолетом" под ред. А.Д.АЛЕКСАНДРОВА, 1983, Машиностроение, (Москва), с. 12	26

Форма PCT/ISA/210 (продолжение второго листа) (июль 1992)